

Биология

9

Биология

9 класс



Учебник
для общеобразовательных
организаций

Допущено
Министерством просвещения
Российской Федерации

4-е издание, стереотипное

Москва
«Просвещение»
2022

УДК 373:573+573(075.3)
ББК 28.0я721
Б63

Авторы: В. И. Сивоглазов, А. А. Каменский, Е. К. Касперская, О. С. Габриелян

Получены **положительные** заключения
по результатам **научной** (заключение РАО № 893 от 28.11.2016 г.),
педагогической (заключение РАО № 664 от 21.11.2016 г.)
и **общественной** (заключение РКС № 549-ОЭ от 19.12.2016 г.) экспертиз.

Издание выходит в pdf-формате.

Б63 **Биология**. 9 класс : учеб. для общеобразоват. организаций : издание в pdf-формате / [В. И. Сивоглазов, А. А. Каменский, Е. К. Касперская, О. С. Габриелян]. — 4-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2022. — 207 с. : ил.
ISBN 978-5-09-101341-2 (электр. изд.). — Текст : электронный.
ISBN 978-5-09-088222-4 (печ. изд.).

Учебник подготовлен в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования. Учебник является надёжным инструментом, помогающим в достижении образовательных результатов по биологии. Основной материал параграфов расширяет рубрика «Для любознательных», а методическая составляющая содержит систему заданий, которая позволяет отрабатывать широкий перечень умений и компетенций.

УДК 373:573+573(075.3)
ББК 28.0я721

ISBN 978-5-09-101341-2 (электр. изд.)
ISBN 978-5-09-088222-4 (печ. изд.)

Дорогие ребята!

В предыдущих классах, изучая биологию, вы получили знания о разнообразных обитателях нашей планеты — бактериях, грибах, растениях, животных. Вы усвоили особенности их строения и жизнедеятельности, а также то, какое место они занимают в современной естественно-научной классификации, знаете, каков образ жизни этих организмов. Многообразие живой природы не может не поражать, и в то же время очевидно, что все живые существа имеют сходство между собой: все они обмениваются веществами и энергией с внешней средой, все состоят из клеток, все размножаются, все приспосабливаются к окружающей среде и т. д.

Пришло время познакомиться с общебиологическими закономерностями, едиными для всех живых организмов, в том числе и для человека. Это тем более важно, что только понимая общебиологические законы люди смогут и далее жить на Земле: обеспечивать пищей и водой всё увеличивающееся человечество, не нанося ущерба окружающей живой природе, побеждать болезни и отодвинуть процесс старения.

В этом курсе вы узнаете об общих принципах строения живых организмов; обмене энергией между живыми системами и внешней средой; о различных вариантах размножения, роста и развития организмов; о химическом составе живых существ; о законах наследственности; о теории эволюции живых существ.

В наши дни активно развивается такая биологическая наука, как биотехнология, с помощью которой стало возможным создавать лекарства, пищевые продукты, новые материалы с невиданными ранее свойствами, не нанося вреда окружающему нас живому миру.

О том, как взаимодействуют компоненты живой и неживой природы, образуя экологические системы, какова структура этих систем, каким образом взаимодействуют в них популяции различных видов вы узнаете, изучив соответствующие разделы учебника. И после этого вы поймёте, что существует единая глобальная экосистема, называемая биосферой, и любой человек, являясь её частью, полностью зависит от неё. А раз так, то человечество должно сделать всё возможное для сохранения биосферы.

Изучение биологии позволит сформировать биологическое мышление, которое необходимо для любого цивилизованного человека. Общество, все члены которого обладают таким мышлением, не будет хищнически относиться к природе, разрушать и загрязнять её. В противном случае развитие цивилизации замедлится, и, возможно, условия жизни на Земле изменятся настолько, что само существование вида *Homo sapiens* окажется под угрозой.

Как всегда, вашим помощником в изучении предмета будет учебник. Он поможет вам самостоятельно добывать знания, высказывать своё мнение, применять полученные знания в повседневной жизни. Для этого необходимо научиться его внимательно читать, понимать его условные обозначения и его символику.

Учебник состоит из разделов и параграфов.

Перед каждым параграфом вам предлагаются два вопроса. Для того чтобы ответить на первый вопрос, вам необходимо вспомнить ранее изученный материал, на второй вопрос вы сможете ответить только после того, как прочтёте текст параграфа.

Основные понятия в тексте выделены курсивом, в конце каждого параграфа в рамках приведены ключевые слова и выводы.

В конце каждого параграфа помещены вопросы и задания, которые помогут проверить и закрепить полученные знания.

В рубрике **Проверь свои знания** помещены вопросы на воспроизведение учебного материала, содержащегося в параграфе.

Рубрики **Выполни задания**, **Обсуди с товарищами**, **Выскажи мнение** потребуют ваших интеллектуальных усилий: умения сравнивать, находить дополнительную информацию, анализировать, делать предположения, формулировать выводы.

Рубрики **«Работа с текстом»**, **«Работа с моделями, схемами, таблицами»** направлены на более глубокое осмысление текста, развитие навыков моделирования, перенесение текстовой информации в таблицы и схемы. Для выполнения заданий этих рубрик вам понадобятся *рабочие тетради*.

В рубрике **«Проводим исследование»** приведены лабораторные и практические работы, которые помогут вам овладеть навыками работы с природными объектами.

Рубрики **Люди науки**, **«Для любознательных»** содержат дополнительные сведения и интересные факты. Они рекомендуются для ознакомления.



Введение

Учёные всесторонне исследуют все живые организмы на Земле. А разнообразие этих организмов необычайно велико: каждый год биологи открывают всё новые и новые виды. Например, очень слабо исследован живой мир глубоководных зон Океана, природа тропических лесов. Даже деятельность своего собственного организма человек знает пока очень плохо. Поэтому биология всё время использует самые новые методы физики и химии, ведь время, когда достаточно было лишь описать какой-нибудь биологический объект, прошло. Теперь необходимо знать генетическое родство этого объекта, его экологические связи, особенности обмена веществ и т. д.

§ 1. ПРИЗНАКИ ЖИВОГО. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ. МЕТОДЫ БИОЛОГИИ



- Что изучает биология?
- Каковы современные методы исследования живой природы?

Биология — это наука о живых организмах и закономерностях, ими управляющих. Биология изучает строение, происхождение, развитие, жизнедеятельность любых живых систем, а также их взаимоотношения между собой и окружающей неживой природой. Человек сам является живым организмом и всецело зависит от самых различных живых существ, обитающих и вокруг, и внутри его. Поэтому люди издавна интересовались теми животными и растениями, которые они могли наблюдать каждый день, и изображали их на стенах пещер, папирусах, картинных полотнах (рис. 1, 2). Одним из древнейших изображений является рисунок, на котором даже прорисованы сердца животных. Этому рисунку более 12 тыс. лет.

Живые организмы имеют единый принцип строения и сходный химический состав.

Какие же признаки имеют живые существа?

1. Имеют клеточное строение и единый химический состав (в основном состоят из воды, белков, жиров, углеводов).
2. Непрерывно обмениваются с окружающей средой веществами и энергией, т. е. являются открытыми системами.
3. Способны к размножению, росту и развитию.
4. Обладают наследственностью, т. е. передают свои признаки и свойства из поколения в поколение.
5. Отличаются друг от друга, т. е. обладают изменчивостью.



Рис. 1. Флора — покровительница растений (Эвелин де Морган)



Рис. 2. Вхождение животных в Ноев ковчег (Якопо Бассано)



Рис. 3. Многообразие живых организмов: *а* — бактерии; *б* — грибы; *в* — растения; *г* — животные

6. Способны реагировать на изменения окружающей среды и до определённой степени приспосабливаться к ним.

Необходимо подчеркнуть, что все живые существа (рис. 3) обладают полным набором этих признаков.

Название науки «биология» появилось на рубеже XVIII–XIX вв., а в наши дни биология стала комплексной наукой, впитав в себя идеи и методические подходы множества других дисциплин. Поэтому возникли биохимия, биофизика, биогеография, биотехнология, биоорганическая химия и даже космическая биология. Сегодня в развитии биологических знаний нуждаются сельское хозяйство, пищевая промышленность, медицина и многие другие области человеческой деятельности.

В настоящее время в биологии оформилось несколько направлений.

1. ***Классическая биология***, к которой относятся дисциплины, изучающие многообразие живых организмов, их жизнедеятельность и взаимодействие в природе. Классическая биология представлена, к примеру, ботаникой и зоо-

логией. Возможно, это одни из древнейших наук на Земле. Жизнь первых собирателей и охотников во многом зависела от растительного и животного мира вокруг них, в котором необходимо было уметь ориентироваться для того, чтобы добыть пищу, получить лекарства, материалы для постройки жилищ и создания одежды. Недаром во всех языческих религиях присутствуют божества, покровительствующие растениям и животным и помогающие людям ладить с ними.

2. ***Физико-химическая биология***, к которой относятся многочисленные науки, например биохимия, физиология, биофизика. Их исследования базируются на физических и химических методах и проводятся, главным образом, в лабораторных условиях.

3. ***Эволюционная биология*** изучает появление организмов на Земле, причины происходящих с ними изменений, их исчезновение.

4. ***Экологическая биология*** изучает сложные законы взаимосвязи различных видов между собой и между ними и средой обитания.

5. ***Медицинская биология*** решает проблемы возникновения и лечения болезней человека, ищет возможности продления жизни, повышения её качества.

Все эти направления тесно связаны между собой. Так, в зоологии и ботанике широко используются методы молекулярной биологии, генетики, а иммунологи не смогут работать, не зная микробиологии и вирусологии.

Методы биологии. В зависимости от поставленных задач биологи используют большой и разнообразный набор методов исследования (рис. 4).



Рис. 4. Молодые учёные за работой



Рис. 5. Трёхмерная модель головного мозга

Наблюдение позволяет зафиксировать те или иные события, факты, явления и описать их (*описательный метод*).

Сравнительный метод даёт возможность понять сходство и различия между объектами и явлениями живой природы. Он особенно важен при создании систематики живых объектов: растений, грибов, микроорганизмов, животных.

Исторический метод основан на изучении возникновения, формирования и развития живых организмов во времени.

Экспериментальный метод даёт возможность исследовать то или иное явление при помощи опыта (эксперимента). Яркими представителями науки, сделавшими на основе своих опытов важнейшие для человечества выводы, были Уильям Гарвей, изучавший кровообращение, Грегор Мендель, исследовавший законы наследственности, Иван Павлов, установивший принципы работы нервной системы. В настоящее время экспериментальный метод стал ведущим в биологии.

Моделирование позволяет воспроизводить свойства изучаемого объекта на специально созданной модели (рис. 5). Этот метод ускоряет и удешевляет исследования. Например,

вместо долгой, опасной и дорогой экспедиции в пустыню можно провести требуемые исследования в специально сконструированной климатической камере. Модели могут быть не только реальными, но и абстрактными, созданными при помощи математических понятий и формул. Они позволяют теоретически предсказать явления, условия для которых сложно или даже невозможно создать в реальности, например условия глубокого космоса.

Запомнить: биология, классическая биология, физико-химическая биология, эволюционная биология, экологическая биология, медицинская биология; методы исследования: наблюдение, сравнение, исторический метод, эксперимент, моделирование.



ВЫВОДЫ

Биология — наука о живых организмах и закономерностях, ими управляющих. Все живые организмы отличаются от тел неживой природы определёнными признаками. Биология пользуется большим набором методов: наблюдение, моделирование, сравнительный, исторический, экспериментальный методы.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Чем живая природа отличается от неживой?
2. Какова роль биологических знаний в жизни современного человека?
3. Что изучает эволюционная биология?
4. В чём суть метода моделирования?

Выполни задания

1. Составьте список биологических наук, укажите объекты их исследования.
2. Перечислите основные методы исследования, используемые в биологии.

Обсуди с товарищами

Согласны ли вы с утверждением «Живые организмы — открытые системы»?

Выскажи мнение

Почему ботанику и зоологию считают классическими биологическими науками?

Для любознательных

Это интересно

● У древних греков за здоровье людей отвечал бог Асклепий и его потомки: дочери Гигея — богиня здоровья и Панацея (Панакея) — покровительница лекарственного лечения, т. е. фармакологии, а также сыновья Телесфор — бог выздоровления, Махаон — бог-хирург и Подалирий — бог-терапевт.

§ 2. УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ. РОЛЬ БИОЛОГИИ В ФОРМИРОВАНИИ КАРТИНЫ МИРА



- Каковы уровни организации живой материи?
- Как взаимосвязаны уровни организации материи?

Живая природа представляет собой совокупность биологических систем разной степени сложности. При этом сложные биологические системы не являются простой суммой более простых элементов. Например, дуб может жить несколько сотен лет, а дубрава — биологическая система, в которую он входит, — способна существовать несколько тысяч лет. Или ещё один пример: большинство клеток человека живёт не очень долго, например, продолжительность жизни эритроцитов крови 120 дней. Но человек с постоянно воспроизводящимися эритроцитами может прожить и до 100 лет.

Уровни организации живой природы. Учёные разделили все виды биологических систем по нескольким уровням организации: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный, биосферный (рис. 6). Иногда выделяют ещё тканевой и органный уровни. Уровни могут и совпадать, например, у одноклеточной водоросли хлореллы или у инфузории-туфельки клеточный и организменный уровни совпадают.

Молекулярный уровень. Любая живая система состоит из молекул органических и неорганических веществ: воды, белков, жиров, углеводов, ми-

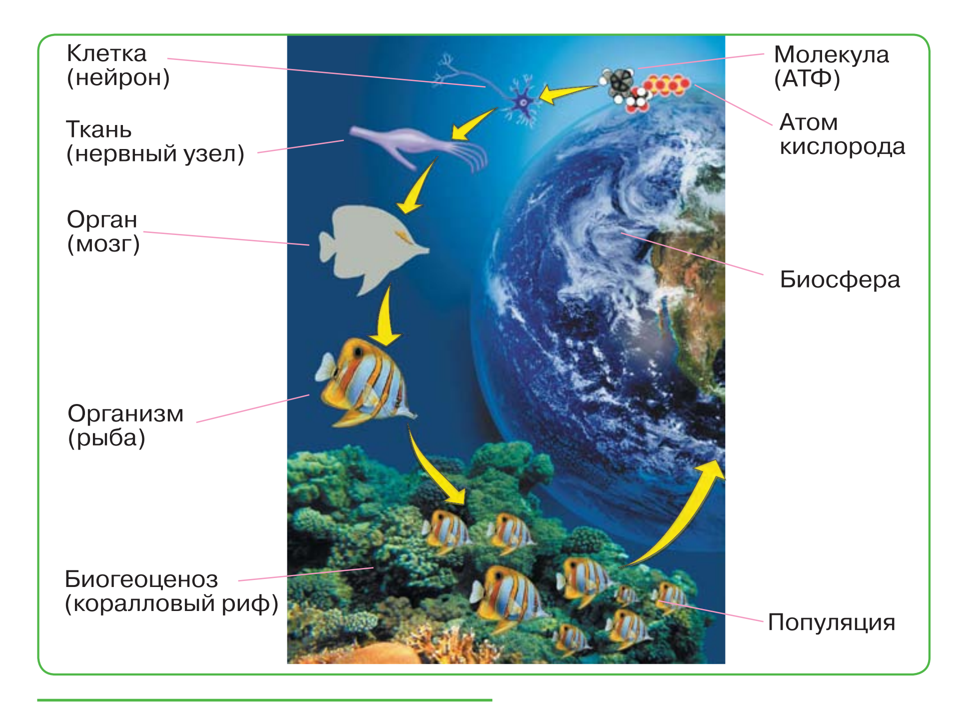


Рис. 6. Уровни организации живой природы

неральных веществ. Именно на уровне молекул протекают все химические процессы в организме любой сложности. Поэтому и изучение реакций обмена веществ, а также механизмов хранения и передачи наследственной информации ведётся именно на этом уровне.

Клеточный уровень. Клетки — самые простые системы, обладающие всеми свойствами живого (рис. 7). На этом уровне изучают строение и жизнедеятельность самих клеток и процессы, происходящие с помощью специализированных структур — органоидов, а также то, как изменения в отдельных клетках могут сказаться на жизни всего многоклеточного организма. Недаром считается, что любая болезнь начинается с нарушений в одной клетке.

Организменный уровень. Организмы могут быть одноклеточными (простейшие, бактерии и др.) и многоклеточными (см. рис. 3). Многоклеточный организм для успешного выживания должен согласовывать работу огромного количества различных клеток, выполняющих множество функций. Координацию деятельности всех этих клеток необходимо изучать именно на организменном уровне.

Популяционно-видовой уровень. Популяция — это группа особей одного вида, длительное время обитающая на одной территории. Если каждая особь живёт ограниченный период времени, то популяция в хороших условиях может существовать неограниченно долго. Например, сколько лет существует популяция воробьёв в вашем городе или посёлке? Наверное, от момента поселения в этом месте людей. На данном уровне исследуют процессы, протекающие в популяции: колебания численности, взаимодействие особей, возрастной состав и т. д. Именно в популяциях начинаются процессы микроэволюции, ведущие к исчезновению одних и возникновению других видов.

Экосистемный уровень. Этот уровень включает популяции многих взаимодействующих видов. На экосистемном уровне изучают всё, что происходит с живыми существами, например, в некоей дубраве, озере, на острове. На этом уровне определяется степень влияния деятельности человека на состояние сообщества живых организмов, их устойчивость, продуктивность, эволюцию.

Биосферный уровень. Это высший уровень организации живой природы, и в него входит одна структура — биосфера, включающая в себя все экологические системы, а значит, все живые существа на Земле, которые заселяют все возможные среды обитания: сушу, воду и воздух. Именно через живые существа происходит перенос различных веществ и энергии, объединяющий все экологические системы Земли. На этом уровне исследуются всеобъемлющие, длительные процессы, изменяющие условия жизни на планете, и воздействие на них хозяйственной деятельности человека.

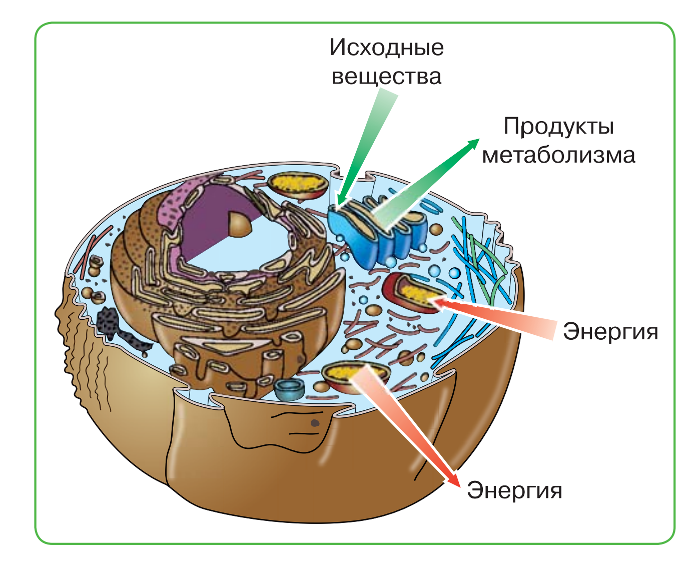


Рис. 7. Клетка как биосистема

Все уровни организации живой природы образуют единую систему, составляющие которой расположены ступенчато: от низшего уровня к высшему. Каждый уровень имеет свои особенности: например, познать результаты процесса эволюции можно, лишь исследуя популяции и биоценозы, а процессы размножения нужно изучать на клеточном и организменном уровнях (рис. 8).

Значение биологии. Биология решает множество теоретических и практических задач. Человек сам является частью живой природы и не сможет выжить на нашей планете, не понимая принципов организации жизни на Земле, строения организмов и их взаимодействия. Постоянно увеличивающаяся численность людей и возрастающее потребление биологических ресурсов, усиление загрязнения планеты приводят к истощению ресурсов Земли.

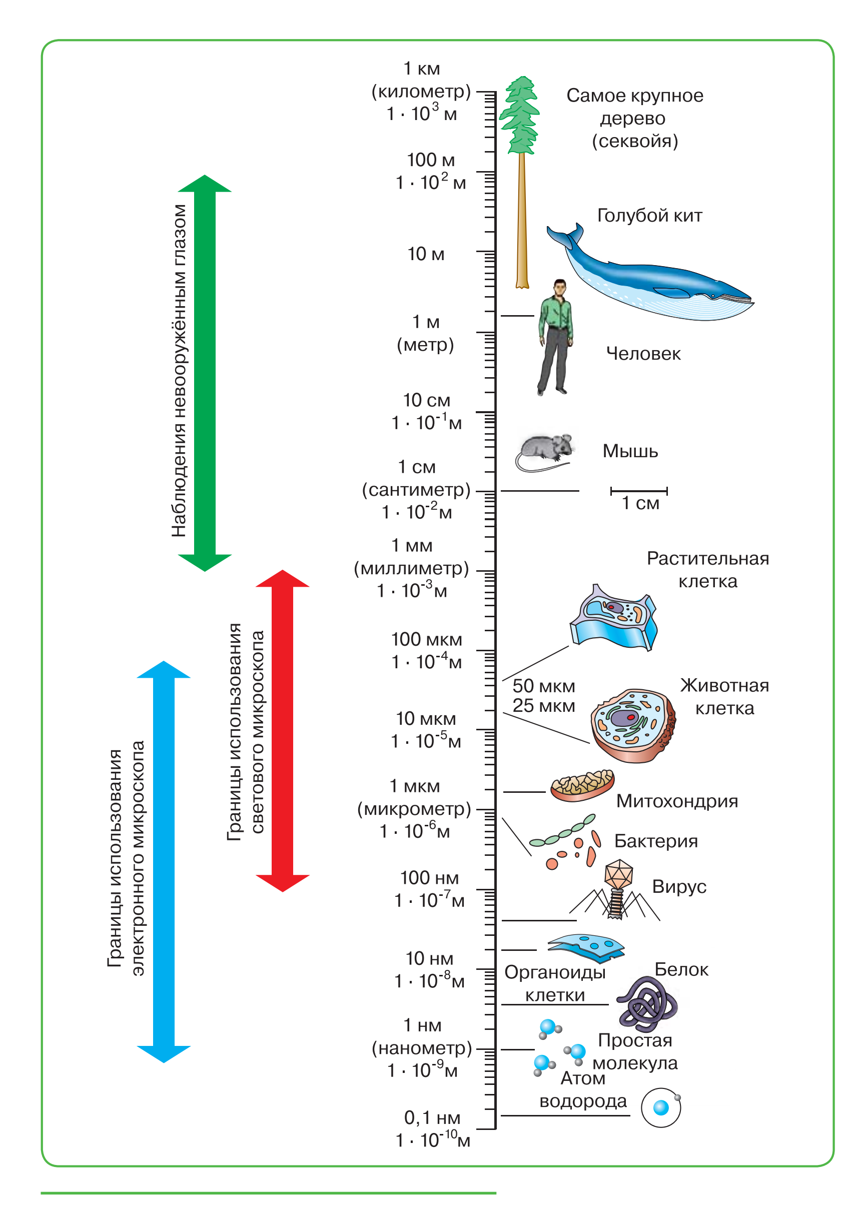


Рис. 8. Размеры объектов природы на разных уровнях организации жизни

Но уже сегодня созданные биологами-селекционерами высокопродуктивные сорта растений, породы животных и штаммы микроорганизмов спасают человечество от голода, а микроорганизмы, питающиеся нефтепродуктами и отходами химических производств, помогают бороться с загрязнением окружающей среды.

Биология всегда была научной базой медицины. И тот прогресс, который сегодня наблюдается в лечении инфекционных, онкологических, сердечно-сосудистых заболеваний, а также в решении проблемы увеличения продолжительности жизни, был бы невозможен без достижений биологов различных специальностей. В наше время биологические науки, стремительно развиваясь, становятся основой взвешенного взаимодействия человека и окружающей природы.

Запомнить: уровни организации биологических систем: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный, биосферный.



ВЫВОДЫ

Все виды биологических систем подразделяют на несколько уровней организации: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный, биосферный. Биология решает для человечества множество задач, что способствует развитию сельского хозяйства, пищевой промышленности, медицины, повышению эффективности охраны окружающей среды.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Какие уровни организации характерны для живой материи?
2. Одинаково ли проявляются свойства живого на разных уровнях организации?
3. Охарактеризуйте организменный и экосистемный уровни организации живой природы.

Выполни задания

1. Составьте перечень уровней организации живой природы.
2. Дайте характеристику понятия «биологическая система».

Обсуди с товарищами

1. Какие уровни организации живой материи можно выделить в организме человека?
2. Какую роль в вашей жизни играют биологические знания?

Выскажи мнение

В решении каких проблем человечества могут помочь биологические науки?

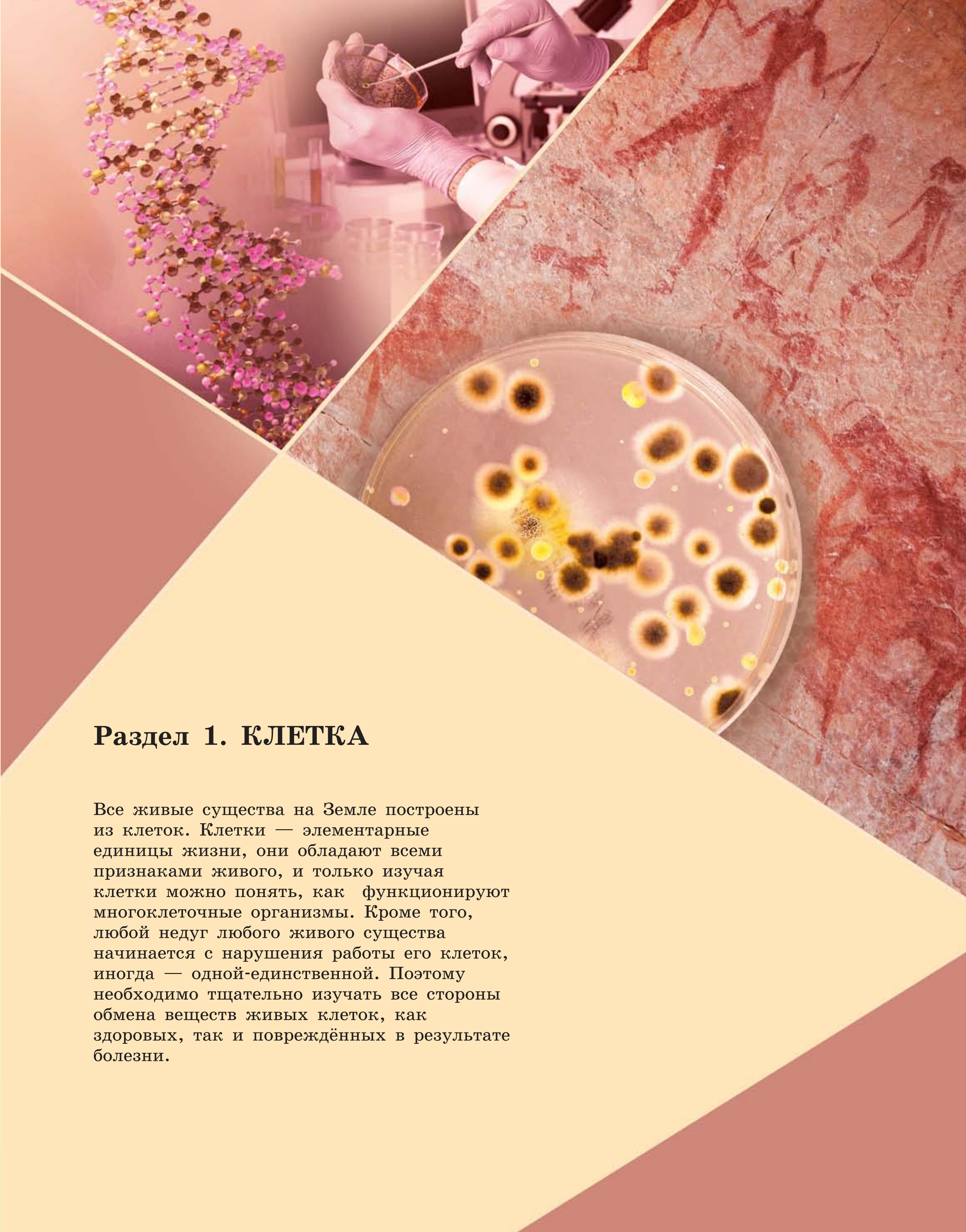
Основное содержание раздела

Биология — наука о живых организмах и закономерностях, ими управляющих. Знания человека о живой природе накапливались на протяжении многих тысячелетий. В настоящее время биология — это комплексная наука, объединившая в себе идеи и методические подходы разных биологических дисциплин. В зависимости от поставленных задач биологи используют разнообразные методы исследования: наблюдение, описание, сравнительный, исторический, экспериментальный, моделирование. Стремительно развиваясь, биологические науки превратились в основу современного производства.

Живые организмы обладают рядом свойств, которые отличают их от объектов неживой природы. Они являются открытыми системами, получающими энергию и питательные вещества из окружающей среды, способны к размножению, росту и развитию, реагируют на внешние воздействия и до определённой степени способны приспосабливаться к ним.

На основании особенностей проявления свойств живого учёные выделяют несколько уровней организации живой природы: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный, биосферный. Для всех живых систем независимо от уровня организации характерны общие черты, а сами системы находятся в непрерывном взаимодействии.





Раздел 1. КЛЕТКА

Все живые существа на Земле построены из клеток. Клетки — элементарные единицы жизни, они обладают всеми признаками живого, и только изучая клетки можно понять, как функционируют многоклеточные организмы. Кроме того, любой недуг любого живого существа начинается с нарушения работы его клеток, иногда — одной-единственной. Поэтому необходимо тщательно изучать все стороны обмена веществ живых клеток, как здоровых, так и повреждённых в результате болезни.

§ 3. КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ. ЕДИНСТВО ЖИВОЙ ПРИРОДЫ



- Кто первым увидел живую клетку?
- В чём суть основных положений клеточной теории?

Все живые существа на Земле имеют клеточное строение, т. е. построены из элементарных единиц жизни — *клеток*. Клетку считают элементарной единицей жизни, потому что она обладает всеми признаками живого и способна к самостоятельной деятельности. На Земле существует множество одноклеточных организмов, которые, по-видимому, и были первыми живыми существами на нашей планете. Среди них есть простейшие, бактерии, одноклеточные водоросли и т. п. Несмотря на свою одноклеточность, эти организмы питаются, дышат, выделяют ненужные им вещества в окружающую среду, размножаются. Но в многоклеточных организмах, которых на Земле гораздо больше, чем одноклеточных, клетки специализируются: одни из них создают опорные структуры для всего организма, другие обеспечивают его движение, третьи занимаются пищеварением и т. д. Тем не менее между любыми клетками гораздо больше сходства, чем различий.

То, что живые организмы построены из клеток, выяснилось благодаря учёным-оптикам, создавшим первые микроскопы. Английский естествоиспытатель *Роберт Гук* (1635–1703) в 1665 г. первым изучил под примитивным микроскопом тонкий срез коры пробкового дерева и увидел, что она пронизана отверстиями и порами, которые он назвал клетками. Р. Гук описал клетки моркови, бузины и других растений и даже опубликовал свои наблюдения в печати. Но микроскоп Гука увеличивал объекты всего лишь в 30 раз. Голландец *Антони ван Левенгук* (1632–1723) создал микроскоп с увеличением в 250 раз и смог увидеть и описать подвижные одноклеточные организмы, которые впоследствии были названы простейшими (1866). Кроме простейших, ему удалось описать клетки некоторых бактерий и клетки животных.

К началу XIX в. усилиями многих учёных были собраны факты, подтверждающие существование в клетках ядра, описано внутреннее студенистое содержимое клетки, но только в 1838 г. немецкий биолог *Маттиас Шлейден* опубликовал книгу, в которой говорилось о том, что растения состоят из клеток. Через год немецкий физиолог *Теодор Шванн*, сопоставив свои данные с материалами М. Шлейдена, предложил первый вариант ***клеточной теории***, которая в современном изложении выглядит следующим образом:

1. Все живые существа построены из клеток (рис. 9).
2. Все клетки сходны по химическому составу, строению и происходящим в них процессам.
3. Все клетки самостоятельны, могут питаться, расти, размножаться. Деятельность многоклеточного организма представляет собой сумму жизненных процессов входящих в него клеток.

Шлейден и Шванн думали, что клетки могут самозарождаться из неклеточного вещества. Но немецкий биолог и врач *Рудольф Вирхов* дополнил их теорию ещё одним очень важным постулатом.

4. Все клетки образуются из клеток.

Позднее клеточная теория развивалась и уточнялась многими учёными.

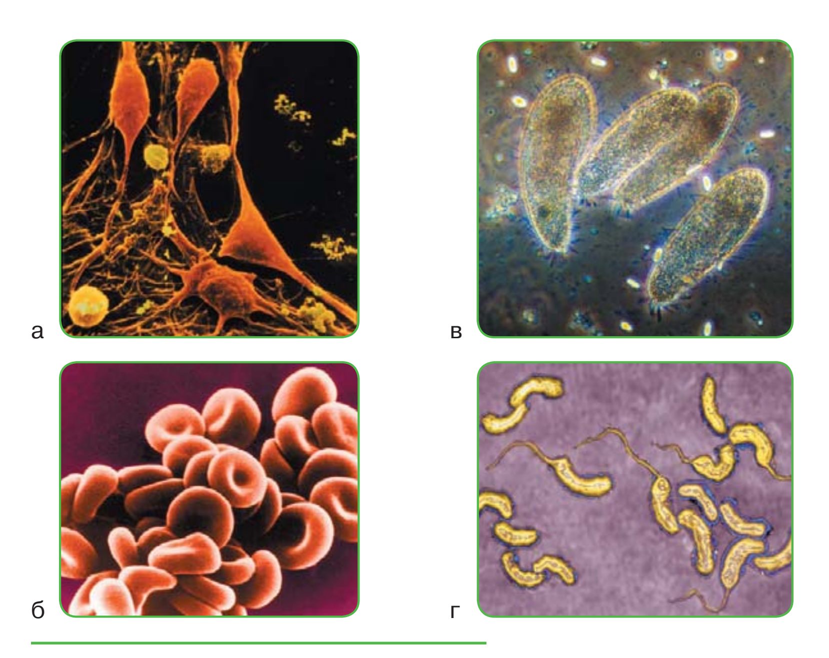


Рис. 9. Многообразие клеток живых организмов: *а* — нервные клетки; *б* — эритроциты; *в* — инфузория туфелька; *г* — бактерия холерный вибрион

Значение клеточной теории невозможно переоценить, потому что любые процессы в организме происходят на клеточном уровне и любая болезнь есть поражение каких-либо клеток. Не зная принципов работы клеток, невозможно бороться с болезнями и создавать новые сорта и породы живых существ, необходимых человеку. Кроме того, клеточная теория является важнейшим доказательством единства происхождения жизни на Земле, т. е. единства всей живой природы.

Запомнить: клетка; микроскоп; клеточная теория.



ВЫВОДЫ

Клетка — элементарная структурная единица жизни: из клеток состоят все живые существа. Клетка обладает всеми признаками живого. Клеточная теория создана в середине XIX в. усилиями многих учёных, но наибольший вклад внесли Маттиас Шлейден и Теодор Шванн.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Как было открыто клеточное строение живых организмов?
2. В чём сходство и различия в строении клеток одноклеточных и многоклеточных организмов?
3. Какие учёные приняли участие в создании клеточной теории?
4. Какова роль клеточной теории для развития биологии, понимания научной картины мира?

Выполни задания

Выпишите основные положения клеточной теории.

Обсуди с товарищами

Каким образом клеточная теория доказывает единство происхождения жизни на Земле?

Выскажи мнение

Как понять утверждение: «Любая болезнь — это поражение каких-либо клеток»?

Для любознательных

Это интересно

- С помощью светового микроскопа, дающего увеличение в 2 тыс. раз, объект, имеющий диаметр 200 нм (нанометров, 1 нм = 10^{-9}м), можно увидеть с трудом. А это значит, что, пользуясь световым микроскопом, рассмотреть содержимое клеток сложно. Учёные создали *электронный микроскоп*, в котором через объект пропускают пучок электронов. Такой микроскоп даёт увеличение в 1 млн раз, и с его помощью можно увидеть даже самые маленькие органоиды клетки.
- Антони ван Левенгук не был физиком-оптиком. Он служил сторожем в городской ратуше голландского города Делфта. По нормам гигиены того времени он по утрам протирал зубы солью. Однажды, поместив под свой самодельный микроскоп капельку соскоба с зуба, Левенгук был поражён увиденным количеством мельчайших живых существ. О своём открытии Левенгук сообщил в Лондонское королевское общество. Так люди познакомились с бактериями.

Люди науки

Маттиас Шлейден (1804–1881) — немецкий учёный, биолог, занимался исследованием клеток — цитологией и эмбриологией (рис. 10).

Теодор Шванн (1810–1882) — немецкий учёный, занимался исследованием тканей (гистологией) и физиологией. Создатель клеточной теории (рис. 11).

Рудольф Вирхов (1821–1902) — немецкий учёный, медик, утвердил мнение о том, что каждая клетка может образовываться только из другой клетки (рис. 12).

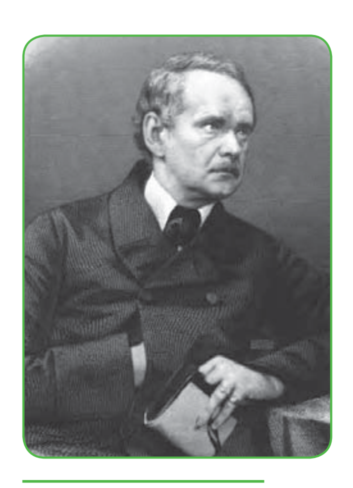


Рис. 10. Маттиас Шлейден



Рис. 11. Теодор Шванн



Рис. 12. Рудольф Вирхов

§ 4. СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ

- Каково строение клеток? Чем растительная клетка отличается от животной?
- •• Каковы строение и функции органоидов клетки?



Клетки — элементарные единицы жизни, но каждая из них обладает достаточно сложными внутриклеточными образованиями, которые обеспечивают все её функции: питание, дыхание, рост, размножение и др. Эти внутриклеточные образования называют *органоидами*. Несмотря на огромное разнообразие клеток, их органоиды в основном очень схожи.

Подавляющее большинство клеток имеет оформленное ядро, обладающее особой оболочкой. Такие клетки называют ***эукариотическими***. Любые клетки, в том числе и эукариотические, отграничены от окружающей среды биологической мембраной, называемой ***цитоплазматической*** или ***клеточной мембраной***. Строение этой мембраны (рис. 13) одинаково у всех клеток (за исключением древнейших микроорганизмов архей). В основе её строения лежит двойной слой липидов (жироподобных органических веществ), в котором расположены мембранные белки, выполняющие различные функции. Толщина мембраны составляет 8 нм. Растительные клетки поверх клеточной мембраны покрыты ***клеточной стенкой***, состоящей из целлюлозы, а у животных клеток белки наружной мембраны могут содержать *цепочки углеводов* (см. рис. 13).

Клеточное ядро — один из важнейших компонентов эукариотической клетки (рис. 14). Обычно ядро находится в центральной части клетки и отграничено от внутреннего содержимого клетки — ***цитоплазмы*** — оболочкой, состоящей из двух мембран. В этой оболочке есть *поры*, которые обеспечивают перенос веществ из ядра в цитоплазму и в обратном направлении. В ядре находится *ядерный сок*, а также *хроматин* и *ядрышки*.

Хроматин — важнейший компонент ядра, состоящий из дезоксирибонуклеиновой кислоты

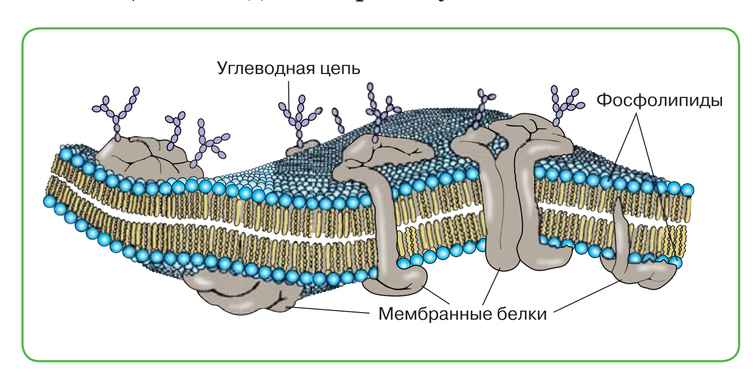


Рис. 13. Схема строения клеточной мембраны животной клетки

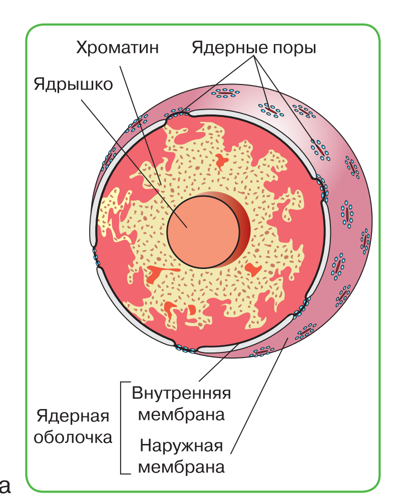




Рис. 14. Схема строения (*а*) и электронная микрофотография (*б*) ядра

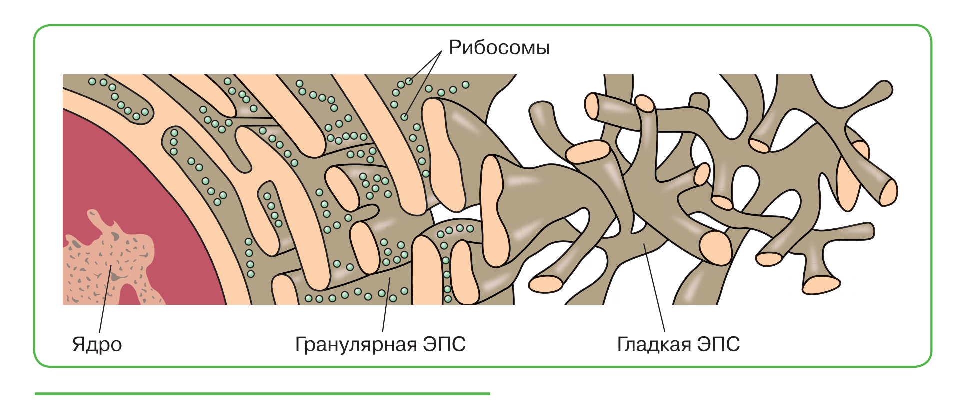


Рис. 15. Схема строения эндоплазматической сети

(ДНК) и белков. Хроматин виден только в неделящейся клетке. Но когда наступает пора делиться, нити хроматина укладываются в плотные, хорошо видимые под микроскопом тельца — *хромосомы*.

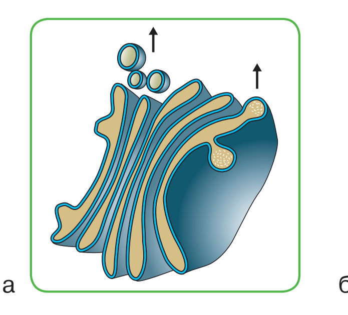
Ядрышки — плотные шарообразные тельца, состоящие из рибонуклеиновой кислоты (РНК) и белков. Образуются ядрышки в определённых местах хроматина, они необходимы для формирования важных клеточных органоидов, на которых синтезируются белки, — ***рибосом***.

Внутренняя среда клетки — это ***цитоплазма***. На электронных микрофотографиях видно, что цитоплазма пронизана огромным количеством белковых трубочек и нитей, образующих так называемый *цитоскелет*. Цитоскелет поддерживает форму клетки, обеспечивает перемещение органоидов в цитоплазме клетки, активный внутриклеточный транспорт, а также выполняет ряд других важных функций.

***Эндоплазматическая сеть* (ЭПС)** — это сеть канальцев и уплощённых цистерн, пронизывающая цитоплазму клетки (рис. 15). Построена эта сеть из мембран. В клетке существует два вида ЭПС: *гладкая* и *гранулированная* (*шероховатая*), на которой расположено множество рибосом, занятых синтезом белка. В канальцах гладкой ЭПС синтезируются углеводы и липиды. Кроме синтеза веществ, ЭПС выполняет транспортную функцию, обеспечивая перемещение целого ряда веществ по клетке.

Рибосомы — маленькие органоиды, различимые только с помощью электронного микроскопа. Они образованы двумя субъединицами, каждая из которых состоит из рибонуклеиновой кислоты и белков. Функция рибосом — синтез белков, и больше всего этих органоидов — на гранулированной ЭПС. Обе субъединицы рибосом синтезируются в ядре, а именно в ядрышках, затем выходят в цитоплазму, где соединяются в единую рибосому.

Комплекс, или ***аппарат, Гольджи* (*АГ*)** — это сеть из цистерн и полостей, образованных мембранами. Обычно АГ находится рядом с ядром (рис. 16). В нём вещества, синтезируемые клеткой, накапливаются и упаковываются


а

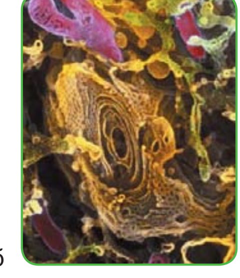
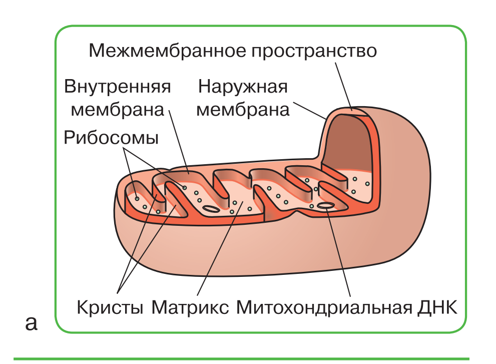

б

Рис. 16. Схема строения (*а*) и электронная микрофотография (*б*) аппарата Гольджи



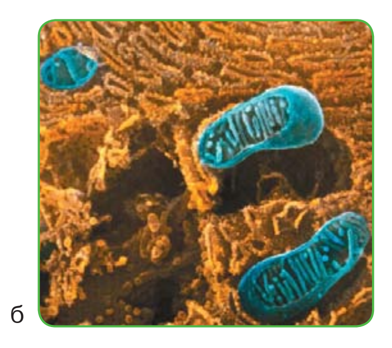


Рис. 17. Схема строения (*а*) и электронная микрофотография (*б*) митохондрии

в мембранные пузырьки, которые могут выделиться из клетки. Так, например, из клеток желёз внутренней секреции выводятся гормоны. Таким образом, аппарат Гольджи служит своеобразным «цехом», который обеспечивает сортировку, упаковку и транспортировку различных веществ в клетке и из клетки.

Лизосомы — небольшие пузырьки, ограниченные мембраной. Они содержат комплекс ферментов, обеспечивающих расщепление липидов, белков, углеводов. Пищевые частицы попадают в клетку и образуют пищеварительные вакуоли, с которыми сливаются лизосомы. Переварившиеся вещества попадают в цитоплазму, а непереварившиеся выбрасываются из клетки. Формируются лизосомы в аппарате Гольджи.

Митохондрии — небольшие органоиды с двумя мембранами: наружной гладкой и внутренней складчатой. Складки и выступы внутренней мембраны называют *кристами* (рис. 17). В митохондриях при участии кислорода происходит окисление органических веществ, а высвобождающаяся энергия запасается в виде универсального энергоёмкого соединения — АТФ. Процесс синтеза АТФ требует участия многих ферментов, которые располагаются на кристах. Митохондрии содержат собственную ДНК и способны размножаться.

Пластиды — это органоиды растительных клеток (рис. 18). Наиболее распространены *хлоропласты*, имеющие зелёную окраску. Хлоропласты, как

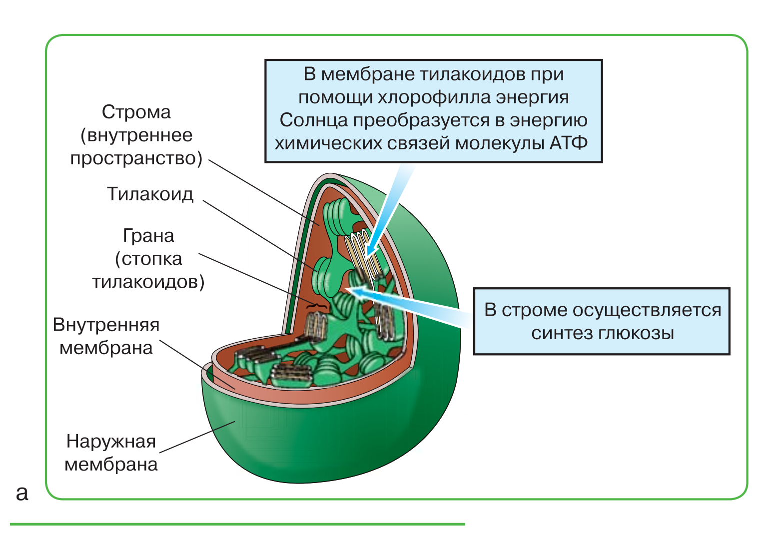




Рис. 18. Схема строения (*а*) и электронная микрофотография (*б*) хлоропласта

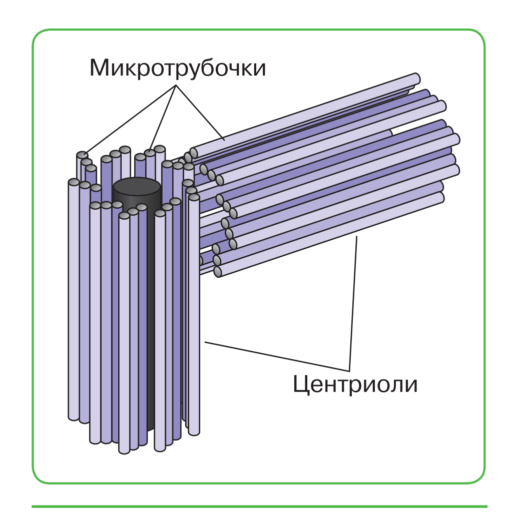


Рис. 19. Схема строения клеточного центра

и митохондрии, образованы двумя мембранами, причём внутренняя вдаётся в полость хлоропласта, формируя плоские мешочки — *тилакоиды*. Тилакоиды собраны в стопки и образуют *граны*. В одном хлоропласте может быть много гран. На мембранах тилакоидов расположен зелёный пигмент *хлорофилл*, необходимый для процесса фотосинтеза. Хлоропласты, как и митохондрии, содержат ДНК и могут размножаться делением.

Хромопласты — пластиды, содержащие жёлтые и красные пигменты, придающие окраску цветкам, плодам, осенним листьям.

Лейкопласты — бесцветные пластиды, синтезирующие и накапливающие питательные вещества, например крахмал в клубнях картофеля.

Клеточный центр — это органоид эукариот. В клетках животных, высших грибов и водорослей он образован двумя *центриолями* (рис. 19) — цилиндрами из белковых микротрубочек, расположенными перпендикулярно друг другу. Клеточный центр необходим для построения цитоскелета и в процессе деления клетки при формировании *веретена деления*, обеспечивающего равномерное распределение хромосом между двумя дочерними клетками.

Вакуоли — внутриклеточные пузырьки, в которых может находиться клеточный сок, как у клеток растений, или запас питательных веществ, как у животных. В растительных клетках в вакуолях также хранится запас питательных веществ, кроме того, вакуоли поддерживают внутриклеточное, или *тургорное*, давление.

Клеточные включения — это непостоянные структуры клетки. Чаще всего это запасные питательные вещества: капли жира, зёрна белка, кристаллики соли. Все эти включения периодически расходуются, но потом могут возникать вновь.

Органоиды движения — это ***реснички*** и ***жгутики***. Они представляют собой тончайшие выросты клеток, покрытые мембраной. Внутри их находятся микротрубочки из белков. В основании реснички или жгутика располагается базальное тело, представляющее собой видоизменённую центриоль. Именно оно поддерживает структуру из микротрубочек, не давая им распадаться. Такие органоиды есть у простейших (инфузории), водорослей (хламидомонада) и у клеток многоклеточных организмов, например в дыхательном эпителии. Функция этих органоидов — движение клетки или продвижение жидкости по её поверхности.



Запомнить: ядро, хроматин, ядрышки; органоиды; прокариоты, эукариоты; мембрана, клеточная стенка, цитоплазма, цитоскелет, эндоплазматическая сеть, рибосомы, аппарат Гольджи, лизосомы, митохондрии; пластиды, тилакоиды, граны; хлорофилл; хлоропласты, хромопласты, лейкопласты; клеточный центр, центриоли, вакуоли, реснички, жгутики.

ВЫВОДЫ

Клетка обладает сложными внутриклеточными образованиями — органоидами, которые обеспечивают её жизненные функции: дыхание, питание, рост, деление и др. Важнейшей частью большинства клеток является ядро. Такие ядерные клетки называют эукариотическими. Каждая клетка покрыта цитоплазматической мембраной, строение которой одинаково у всех клеток.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое органоиды клетки?
2. Какие клетки называют эукариотическими?
3. Каково строение и функции клеточной мембраны?
4. Что такое хроматин?
5. Каковы функции цитоскелета?
6. Какие органоиды встречаются только у растений?

Выполни задания

1. Приведите примеры присутствия в растительных организмах трёх видов пластид.
2. Перечислите особенности строения митохондрий и пластид, указывающие на их относительную самостоятельность.

Обсуди с товарищами

Докажите на примерах, что функции органоидов определяют их строение.

Выскажи мнение

Согласны ли вы со следующим утверждением: «Клетка — это биосистема»? Ответ аргументируйте.

Работа с моделями, схемами, таблицами

Заполните таблицу «Органоиды клетки»:

Название органоида	Функции	Особенности строения

Для любознательных

Это интересно

● У большинства животных, например у млекопитающих, детский организм содержит только митохондрии, полученные от матери, так как из сперматозоида отца митохондрии в будущий зародыш попасть не могут. По анализу ДНК, содержащейся в этих органоидах, можно проследить эволюцию каждого человека по линии матери. Учёные утверждают, что всё человечество произошло от небольшого числа женщин и от этих «праматерей» сохранилось всего пять вариантов митохондриальной ДНК, хотя изначально их было наверняка больше.

● Лизосомы разрушают пострадавшие участки клетки с помощью высвобождающихся из них ферментов, затем происходит восстановление повреждённых мембран за счёт структур, формируемых в аппарате Гольджи.

● Предками митохондрий и пластид, по-видимому, были некие паразитические организмы, жившие в клетках-хозяевах. Но постепенно они превратились в необходимые для клеток образования — симбионтов, снабжающих своих хозяев энергией.

● Клетки могут иметь не один, а несколько жгутиков, да и двигаться они могут жгутиком вперёд или жгутиком назад. Например, сперматозоиды перемещаются головкой вперёд, а жгутиком назад, а эвглена зелёная плавает жгутиком вперёд, как бы ввинчиваясь в воду.

§ 5. МНОГООБРАЗИЕ КЛЕТОК



- Каковы основные особенности строения клеток бактерий, грибов, растений и животных?
- На основании каких признаков все клетки делят на прокариотические и эукариотические?



Рис. 20. Микрофотография бактерий

В природе не существует типовой клетки, эти элементарные единицы живого очень сильно отличаются друг от друга, так как выполняют разные функции. Невозможно точно сказать, когда возникли первые клетки, произошло это несколько миллиардов лет тому назад. Древнейшие клетки были ***прокариотическими***, т. е. не имели ядра. И сейчас на Земле обитает множество ***прокариот*** — организмов, не обладающих оформленным ядром. К ним относятся археи и бактерии (рис. 20). *Археи* могут жить в самых сложных условиях, многим из них не нужен кислород для дыхания. Такие существа называют ***анаэробами***. Описано не менее 100 видов архей. Их обнаруживают как в самых обычных местах, включая почву, океаны, болота, так и в 30%-ном растворе поваренной соли в соляных озёрах, в сильнокислой среде, в кипящей воде на огромной глубине около подводных вулканов. Возможно, именно последняя группа архей — самая древняя ветвь живых существ на Земле.

Обычные бактерии также очень устойчивы к внешним воздействиям. Клетки у них обычно мелкие, а единственная кольцевая молекула ДНК находится прямо в цитоплазме (рис. 21). Прокариотическая клетка окружена мембраной, поверх которой у большинства прокариот выделяется защитная клеточная стенка, поддерживающая форму клетки и придающая ей прочность. Внутри прокариотической клетки мембранные органоиды отсутствуют, т. е. в ней нет эндоплазматической сети (её роль выполняют многочисленные выступы клеточной мембраны), нет митохондрий, пластид, аппарата Гольджи. Рибосомы прокариот мелкие. Прокариоты часто имеют органоиды движения — жгутики, которые по строению отличаются от органоидов движения эукариот, они состоят только из белков и покрыты мембраной.

Прокариоты чаще размножаются бесполым путём — делением клетки надвое. Половой процесс, т. е. процесс обмена генетическим материалом, у прокариот встречается редко. Многие прокариоты в неблагоприятных условиях

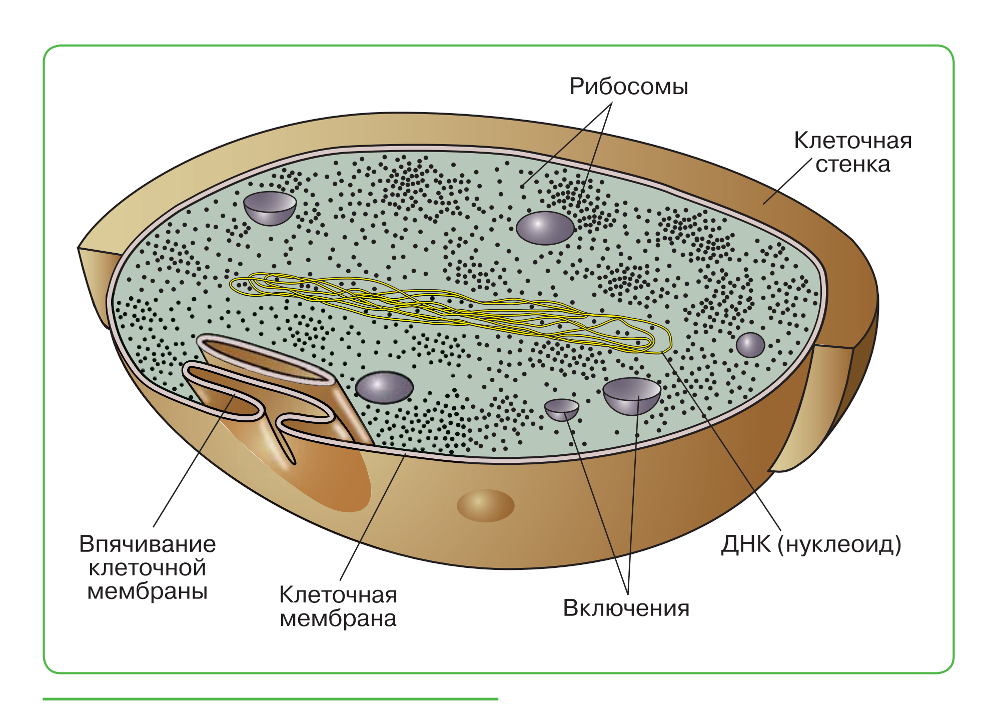


Рис. 21. Схема строения бактериальной клетки

образуют ***споры***: содержимое бактериальной клетки сжимается и вокруг него формируется плотная оболочка. После этого прежняя бактериальная клетка разрушается, а спора может десятилетиями, а возможно, и столетиями храниться в почве, переноситься ветром и водой. Споры не боятся холода и жары. При попадании в благоприятную среду из споры очень быстро образуется бактерия. Споры большинства бактерий, так же как и сами бактерии, плохо переносят ультрафиолетовое излучение и быстро погибают под прямыми солнечными лучами.

Клетки, ядро которых имеет оболочку из двух мембран, называют ***эукариотическими***, а организмы с оформленным ядром — ***эукариотами*** (рис. 22). И несмотря на то что клетки разных организмов и даже одного и того же организма очень сильно различаются между собой, они имеют гораздо больше общих, сходных признаков. Во-первых, все эукариотические клетки имеют общий план строения: клеточную мембрану, ядро, цитоплазму, органоиды. Во-вторых, для всех клеток характерен обмен веществами и энергией с внешней средой. В-третьих, наследственная информация у них, так же как у прокариот, хранится и передаётся через посредство нуклеиновых кислот. В-четвёртых, для всех клеток характерно единство химического состава. В-пятых, у них сходны процессы деления.

Но при этом клетки выполняют совершенно разные функции, поэтому естественно, что, к примеру, клетки нервной системы человека, клетки грибницы и клетки зелёного листа совсем не похожи. И тем не менее на заре эволюции, когда жизнь только зарождалась, у всех клеток на Земле был общий предок.

Размеры клеток весьма разнообразны. Чаще всего клетки неразличимы невооружённым глазом, но яйцеклетки рыб, рептилий или птиц очень велики из-за содержащегося в них запаса питательных веществ. Например, яйцеклетка кистепёрой рыбы латимерии может достигать 10 см в диаметре. Самые малень-

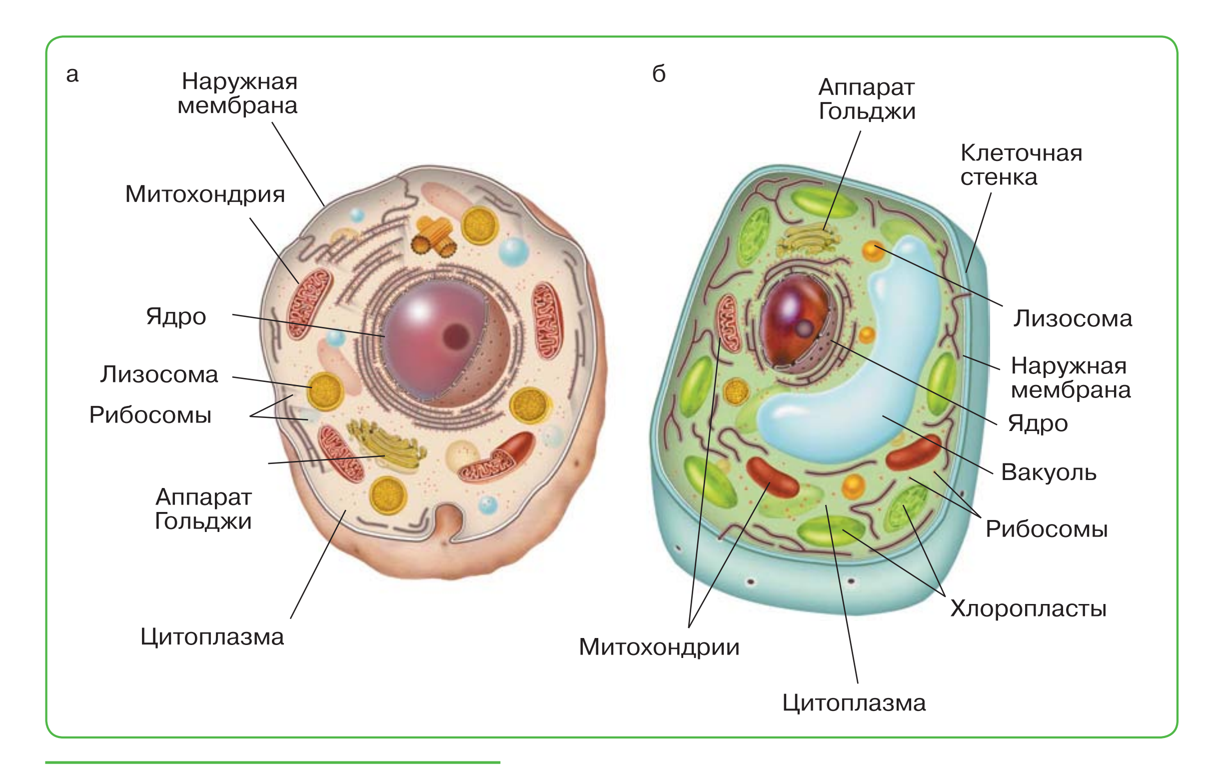


Рис. 22. Схема строения животной (*а*) и растительной (*б*) клеток

кие клетки у шаровидных бактерий, называемых микрококками, их диаметр 0,0005 мм! Средний размер имеют клетки животных и растений, обычно он находится в интервале от 10 до 100 мкм, хотя длина нервной клетки человека — нейрона с его длинным отростком — аксоном достигает 1,5 м. Иногда в многоклеточном организме перегородки между клетками утрачиваются, и тогда образуются огромные одноклеточные организмы. Примером могут служить некоторые грибы и водоросли.

Несмотря на большие различия во внешнем строении и принципах жизнедеятельности клеток, всегда надо помнить о том, что сходства между ними гораздо больше и все клетки на Земле являются дальними потомками какой-то одной предковой клетки.



Запомнить: бактерии; археи; анаэробы; споры.

ВЫВОДЫ

Археи и бактерии не имеют ядра, их клетки называют прокариотическими. Некоторые бактерии являются анаэробами, т. е. не нуждаются в кислороде. В неблагоприятных условиях прокариоты могут образовывать защитные формы — споры. Клетки, ядро которых имеет оболочку из двух мембран, называют эукариотическими. Все клетки на Земле обладают большим сходством и являются дальними потомками одной предковой клетки.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. На основании каких признаков все живые организмы разделяют на две группы?
2. Каково строение прокариотической клетки?
3. Какие организмы относятся к эукариотам?
4. Что общего у всех эукариотических клеток?
5. С чем связано большое многообразие клеток?

Выполни задание

Зарисуйте в тетради обобщённые схемы прокариотической и эукариотической клеток.

Обсуди с товарищами

Какие преимущества живым организмам даёт клеточное строение?

Выскажи мнение

Что свидетельствует в пользу представления о том, что все клетки на Земле произошли от единой предковой клетки?

Работа с моделями, схемами, таблицами

Заполните таблицу «Сравнение строения клеток растений и животных»:

Признаки	Клетки растений	Клетки животных

Проводим исследование

Лабораторная работа

Изучение строения клеток и тканей растений и животных на готовых микропрепаратах

Цель: совершенствовать умения работать с микроскопом, находить основные органоиды клеток, сравнивать их между собой.

Оборудование: микроскоп, микропрепараты (кожица лука, столбчатая ткань, эпителиальная, нервная, мышечная).

Ход работы

1. Рассмотрите при малом и большом увеличении препарат кожицы лука. Выявите особенности строения клеток. Зарисуйте группу клеток, подпишите выявленные вами органоиды клеток.
2. Рассмотрите при большом увеличении препарат столбчатой ткани листа. Объясните, почему клетки имеют зелёный цвет. Зарисуйте группу клеток, подпишите выявленные вами органоиды клеток.
3. Рассмотрите один из предложенных препаратов животной ткани. Выявите особенности строения, зарисуйте 2—3 клетки, подпишите её основные органоиды, увиденные вами.
4. Сделайте вывод о сходстве и различиях клеток разных организмов.

Для любознательных

Это интересно

- Бактериальные клетки найдены за границей атмосферы, в ближнем космосе. За счёт чего они выживают, не ясно.
- В организме человека около 150 видов разных клеток, выполняющих различные функции. Только в мозге человека не менее 10^{10} нейронов и приблизительно в 10 раз большее количество обслуживающих их глиальных клеток.
- Некоторые бактерии выживают в воде, охлаждающей ядерные установки, выдерживая дозу облучения более 6 миллионов рентген.

§ 6. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В КЛЕТКЕ



• Каковы основные признаки живого?
•• Как осуществляется обмен веществ и энергии в клетке?

Будучи живыми системами, все клетки являются ***открытыми системами***, т. е. непрерывно обмениваются с окружающей средой веществом и энергией. Обмен веществом и энергией называют ***метаболизмом***. На уровне клетки метаболизм разделяют на два взаимосвязанных, но разнонаправленных процесса: ассимиляцию (*анаболизм*) и диссимиляцию (*катаболизм*) (рис. 23).

Ассимиляция — это все процессы выработки клеткой необходимых ей веществ из более простых соединений, поступающих в клетку извне, например с пищей. Иными словами, ассимиляция — это реакции биологического

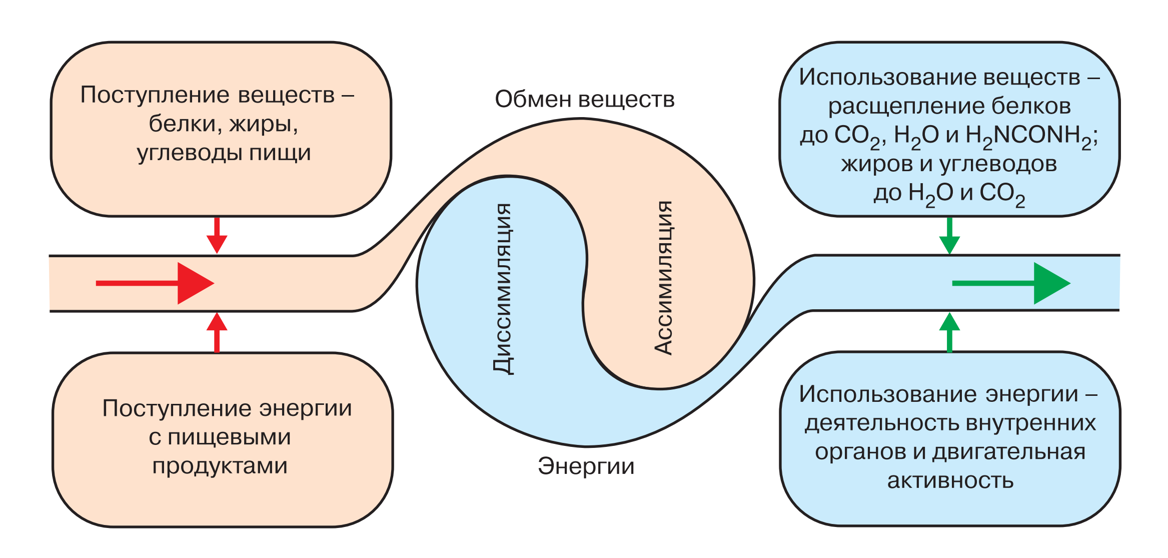


Рис. 23. Общая схема обмена веществ и энергии

синтеза в клетке. На эти реакции затрачивается энергия. Откуда же эта энергия берётся? Энергия образуется в самой клетке в результате диссимиляции.

Диссимиляция — это весь набор превращений крупных органических молекул в простые вещества вплоть до CO_2 и H_2O. В результате диссимиляции выделяется энергия, и некоторое её количество запасается в виде химических связей в особых молекулах. Но значительная часть образующейся энергии рассеивается в виде тепла, хотя коэффициент полезного действия в биологических системах гораздо выше, чем в каких-либо машинах, созданных человеком.

Реакции метаболизма, происходящие в клетке, проходят с участием биологических катализаторов — ферментов. Каждый фермент катализирует только строго определённую реакцию и может ускорять её в тысячи и даже миллионы раз.

В нормальных условиях в здоровой клетке реакции ассимиляции и диссимиляции сбалансированы, т. е. сколько энергии клетка накопила в результате диссимиляции, столько энергии она может потратить на ассимиляцию. Если же клетка затронута болезнью, то этот баланс нарушается. Конечно, в разные периоды своей жизни клетке приходится многократно менять уровень своей активности, например, очень много энергии уходит на деление клеток, а значит, необходимо заранее подготовиться к этому процессу и запасти вещества и энергию. Очень много энергии расходуют нервные клетки: масса мозга человека менее 2 кг, а на его работу тратится около 20% энергии организма. При этом в клетках мозга совсем нет запаса питательных веществ, и лишение мозга необходимой для его питания глюкозы всего на одну минуту может привести к потере сознания.

Любым клеткам для жизнедеятельности необходимы питательные вещества. Окисляя их, клетки получают энергию, а кроме того, из этих веществ формируются все структуры клетки, например наружная мембрана, органоиды и т. п. Процесс получения веществ для обеспечения жизнедеятельности называют ***питанием***.

Ещё в ту далёкую эпоху, когда жизнь на Земле только зарождалась, произошло разделение клеток. Одни из них питались готовыми органическими веществами, поглощая их из окружающей среды. Такой способ питания называют ***гетеротрофным***. По пути гетеротрофов пошли многие бактерии, грибы, животные. А вот другие клетки смогли получать энергию извне и за её счёт синтезировать необходимые органические соединения. По этому пути питания, названному ***автотрофным***, пошли некоторые бактерии и растения. Причём некоторые клетки этих организмов освоили очень сложный путь захвата и использования энергии солнечного света. Такой вариант автотрофного питания называют ***фотосинтезом***.

Всегда надо учитывать, что в процессе многочисленных реакций метаболизма, особенно в ходе диссимиляции, образуются ненужные и даже опасные вещества, например CO_2 и некоторые азотистые соединения, которые необходимо непрерывно выводить из клеток и далее из организма, иначе клеткам будет нанесён непоправимый вред. Выведенный из клетки избыток воды, CO_2 и азотистые соединения транспортируются кровью в выделительную систему организма: вода и соединения азота выводятся из организма с мочой или через кожу с потом, а углекислый газ выходит через лёгкие. У растений же удаление избытка влаги происходит через устьица.



Запомнить: открытые системы; метаболизм; ассимиляция, диссимиляция; гетеротрофы, автотрофы; фотосинтез.

ВЫВОДЫ

Все клетки обладают метаболизмом, т. е. обмениваются с окружающей средой веществами и энергией. Метаболизм включает в себя ассимиляцию — реакции синтеза клеткой веществ с затратами энергии и диссимиляцию — реакции окисления в клетке веществ с выделением энергии. Реакции метаболизма происходят с участием биологических катализаторов — ферментов.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое метаболизм?
2. В чём суть процесса ассимиляции (анаболизма)?
3. Что такое диссимиляция (катаболизм)?
4. Какова роль питания для организма?
5. Какова роль ферментов в организме?

Выполни задания

1. Сравните процессы ассимиляции и диссимиляции.
2. Перечислите известные вам автотрофные и гетеротрофные организмы.

Обсуди с товарищами

Что может произойти с клеткой, если в её обменных процессах будут преобладать реакции анаболизма (катаболизма)?

Выскажи мнение

Согласны ли вы со следующим утверждением: «Клетка — открытая система»? Ответ аргументируйте.

Для любознательных

Это интересно

- Возможно, первые живые системы на Земле представляли собой симбиоз клеток-автотрофов и клеток-гетеротрофов. Плёнки, состоящие из таких клеток, были найдены учёными на небольших глубинах в Тихом океане, недалеко от берегов Австралии. Эти сообщества микроорганизмов были названы *бактериальными матами.*
- Некоторые растения научились сочетать автотрофное питание (фотосинтез) с гетеротрофными. Известно, что росянка, обитающая на бедных болотистых почвах, часто испытывает недостаток в азоте. Для восполнения азота росянка стала ловить насекомых и переваривать их. Но если это растение пересадить на почвы, богатые перегноем, оно перестаёт быть хищником, поскольку там ему хватает азотистых соединений, всасываемых корнями.

§ 7. ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ — ОСНОВА РАЗМНОЖЕНИЯ, РОСТА И РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗМА

- Какие основные способы размножения встречаются в природе?
- Как осуществляется митоз?



В основе размножения, роста и развития организма лежит деление клеток. Этот процесс необходим и для успешного заживления различных повреждений организма. В многоклеточных организмах далеко не все клетки могут делиться. Например, у млекопитающих не делятся клетки крови и нервные клетки. Зато очень интенсивно делятся стволовые клетки красного костного мозга и эпителия, обеспечивая замену недолго живущих клеток крови и постоянно подверженных неблагоприятным воздействиям клеток эпителия.

Самый простой способ деления — это ***амитоз*** (рис. 24). Однако он встречается довольно редко. При амитозе ядро начинает делиться надвое без какой-либо подготовки, и образующиеся клетки могут оказаться неполноценными, поскольку наследственный материал между ними распределяется неравномерно. Амитоз часто встречается в отмирающих тканях, а также в клетках злокачественных опухолей.



Рис. 24. Амитоз

Митоз — это такой способ деления клеток, при котором сначала происходит удвоение наследственного материала (ДНК), затем начинается его равномерное распределение между дочерними ядрами, а только потом происходит деление самих клеток. Митоз — это основной способ деления эукариотических клеток.

Промежуток между митотическими делениями называют ***интерфазой***. В интерфазу клетка готовится к делению. При этом происходит удвоение генетического материала (ДНК), с тем чтобы впоследствии каждая из дочерних клеток получила одинаковый полноценный набор генов. Увеличивается число органоидов, например митохондрий. Запасается АТФ, без использования энергии которой деление невозможно, удваиваются центриоли клеточного центра.

Процесс митотического деления клетки подразделяют на деление ядра (*кариокинез*) и деление самой клетки (*цитокинез*).

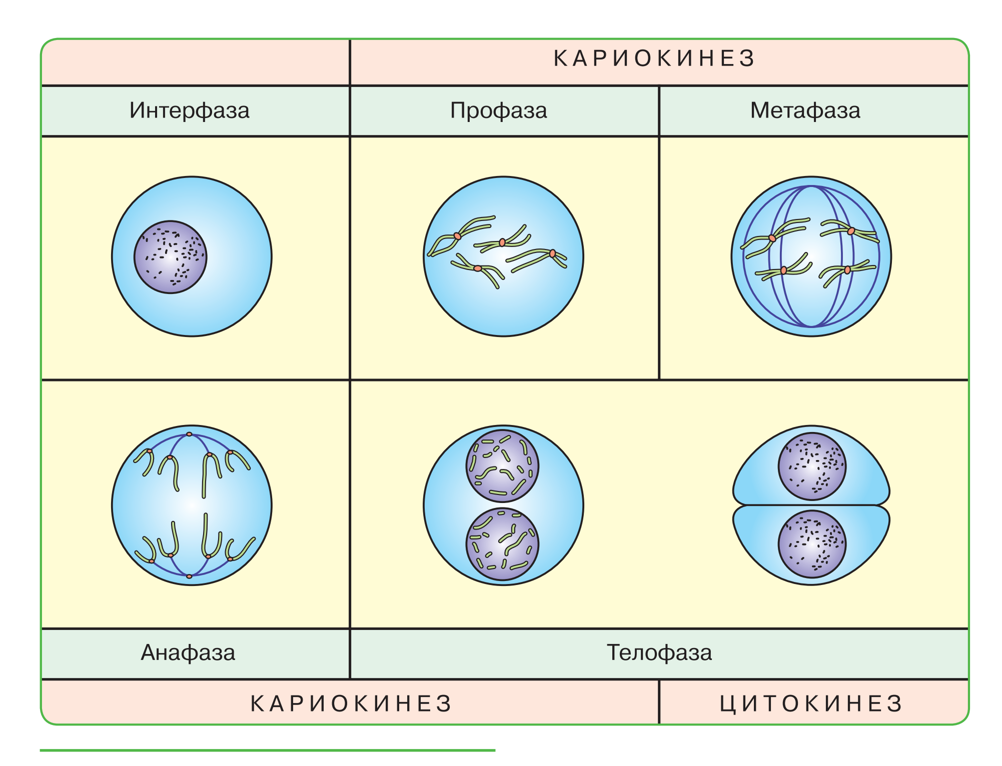


Рис. 25. Схема митоза в животной клетке

Кариокинез включает в себя четыре следующие друг за другом фазы — профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

Процесс митоза (рис. 25) начинается с **профазы.** Молекулы ДНК компактизируются и превращаются в хорошо видимые под микроскопом тельца — *хромосомы*. Каждая хромосома состоит из двух одинаковых половинок — *хроматид*, соединённых между собой в области первичной перетяжки *центромеры* (рис. 26). Центриоли клеточного центра после удвоения расходятся к полюсам клетки, и из микротрубочек начинает формироваться веретено деления. Ядрышки исчезают, ядерная оболочка разрушается.

В **метафазу** хромосомы хорошо различимы, и видно, что каждая из них имеет отличное от других строение. В метафазу все хромосомы, каждая из которых образована двумя идентичными хроматидами, располагаются в экваториальной плоскости делящейся клетки. При этом нити образующегося веретена деления протягиваются от центриолей до каждой хромосомы и прикрепляются к ней в области центромеры.

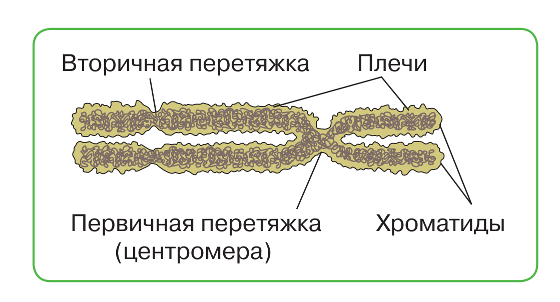


Рис. 26. Схема строения хромосомы

В **анафазу** дочерние хроматиды, входившие ранее в одну хромосому, разделяются и расходятся к полюсам клетки. Расхождение хроматид обеспечивают нити веретена деления, которые укорачиваются и перемещают хроматиды к полюсам клетки.

В последнюю фазу митоза — **телофазу** — хроматиды достигают полюсов

клетки, и теперь их можно называть *хромосомами*. Они расплетаются для того чтобы обеспечить синтез белка в новых клетках. Вокруг хромосом возникают ядерные оболочки и формируются два ядра. Затем начинается ***цитокинез***: органоиды распределяются между дочерними клетками, происходит разделение цитоплазмы и, наконец, полное разделение двух дочерних клеток (рис. 27).

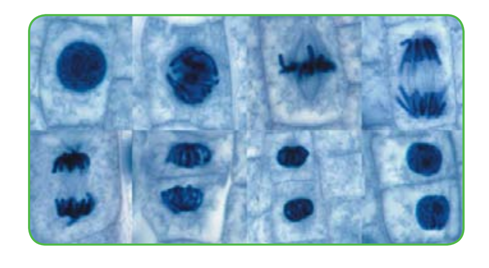


Рис. 27. Микрофотография митоза лука (разные фазы)

Обычно процесс митоза от начала профазы и до конца телофазы продолжается 1—2 часа, а каждая фаза — около 30 минут. А вот интерфаза продолжается долго, по-разному у различных организмов, в среднем 10—30 часов.

Биологическое значение митоза:
1) обеспечивает равномерное распределение хромосом между клетками;
2) служит основой роста многоклеточного организма;
3) обеспечивает восстановление повреждённых органов и тканей;
4) является основой бесполого размножения;
5) у растений с помощью митоза образуются половые клетки.

Запомнить: амитоз; митоз, интерфаза, профаза, метафаза, анафаза, телофаза; хромосомы; центромеры.



ВЫВОДЫ

В основе размножения, роста и развития живых систем лежит деление клеток. Обычно это митоз, при котором из одной клетки образуются две с таким же, как в исходной клетке, набором хромосом.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое амитоз, чем он отличается от митоза?
2. Что происходит в клетке при её подготовке к митозу?
3. С какой фазы начинается митоз?
4. В какой фазе митоза дочерние хроматиды расходятся к полюсам клеток?

Выполни задания

1. Перечислите и охарактеризуйте фазы митоза.
2. Опишите процессы, происходящие в телофазе.
3. Составьте определения амитоза, митоза.

Обсуди с товарищами

1. Можно ли считать амитоз полноценным способом размножения клеток? Ответ аргументируйте.
2. В чём биологический смысл митоза?

Выскажи мнение

Является ли интерфаза фазой митотического деления?

Работа с моделями, схемами, таблицами

Заполните таблицу «Митоз»:

Название фазы	Происходящие процессы

§ 8. НАРУШЕНИЯ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИЙ КЛЕТОК — ОСНОВА ЗАБОЛЕВАНИЙ



- Каковы основные причины заболеваний организма?

Любая болезнь представляет собой результат нарушений обмена веществ, только причины этих нарушений у различных недугов разные. В основе нарушений обмена веществ всегда лежит повреждение или нарушение работы тех или иных клеток в той или иной ткани, органе. Например, растяжение голеностопного сустава — это повреждение клеток мышц, связочного аппарата, сосудов. Такая *травма* приводит к сильной боли, невозможности двигаться, кровоизлияниям, воспалению сустава. Но гораздо чаще, чем с травмами, люди сталкиваются с *инфекционными болезнями*, которые могут быть вызваны бактериями, вирусами, микроскопическими грибами, простейшими. При этих болезнях причина страданий и даже гибели людей — поражения клеток. Например, бактерия хеликобактер (рис. 28) разрушает клетки желудка, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) — лимфоциты (рис. 29), малярийные плазмодии — эритроциты, а в результате страдает весь организм.



Рис. 28. Бактерия хеликобактер



Рис. 29. Клетки, инфицированные ВИЧ

Причины **онкологических заболеваний** до сих пор не всегда известны. Но начинаются эти болезни чаще всего с ошибок в делении, в результате которых образуются клетки, способные бесконтрольно делиться. Результат — формирование опухоли. Если опухоль прорастает кровеносными сосудами, в которые попадают раковые клетки, то они разносятся по организму, образуя так называемые *метастазы*. В том случае, если иммунная система в организме человека работает хорошо, то раковые клетки распознаются клетками иммунной системы как «чужие» и быстро уничтожаются. Но если иммунитет не справляется,

то буквально одна клетка становится причиной опаснейшей болезни, избавиться от которой можно, лишь уничтожив всех её многочисленных потомков.

При одной из форм *заболевания эндокринной системы* — **сахарном диабете** клетки поджелудочной железы перестают вырабатывать гормон инсулин. А он нужен для проникновения из крови в клетки необходимой для их работы глюкозы. Прежде всего глюкоза необходима клеткам мозга — нейронам. Без глюкозы клетки лишаются своей самой главной пищи и даже могут погибнуть. И в этом случае причина тяжёлой болезни — поражение определённого вида клеток.



Рис. 30. Серповидноклеточная анемия

Всё больше обнаруживается болезней, в основе которых лежат *генетические нарушения в клетках*. Из-за нарушений в строении генов и хромосом около 6% эмбрионов погибают ещё до рождения. Известно более 4 тыс. болезней человека, вызываемых генетическими отклонениями. При одной из таких генетических ошибок возникает наследственная болезнь **серповидноклеточная анемия**, когда эритроциты вместо обычной округлой формы принимают форму полумесяца (рис. 30). Из-за изменений в структуре гемоглобина в таких эритроцитах клетки не могут переносить кислород в нужном объёме. В результате происходят существенные нарушения энергетического обмена в организме.

Но если причины болезней человека кроются в нарушении деятельности отдельных клеток, то и лечить надо не последствия этих процессов, а сами клетки. В настоящее время ведутся исследования в данном направлении.

Запомнить: онкологические заболевания, сахарный диабет, серповидноклеточная анемия.



ВЫВОДЫ

Все болезни начинаются с нарушений структуры и работы отдельных клеток организма, поэтому и лечить надо не последствия этих нарушений, а сами клетки.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что является причиной инфекционных болезней?
2. С чего начинаются раковые заболевания?
3. Каковы причины возникновения сахарного диабета?
4. В чём суть серповидноклеточной анемии?

Выполни задания

Составьте список известных вам наследственных заболеваний. Укажите причины этих заболеваний.

Обсуди с товарищами

Какова, по вашему мнению, задача медико-генетического консультирования?

Основное содержание раздела

Клетка — элементарная единица жизни. Была открыта Р. Гуком. Все живые существа имеют клеточное строение. Клеточная теория была предложена М. Шлейденом и Т. Шванном, дополнена Р. Вирховом.

Клетки содержат внутриклеточные образования — органоиды, обеспечивающие их жизненные функции: питание, дыхание, синтез и транспорт веществ, деление.

Клетки различных существ могут сильно различаться по строению и функциям. Прокариоты не имеют ядра, а клетки эукариот имеют оформленное ядро.

Обмен веществ в клетке состоит из процессов ассимиляции и диссимиляции.

В основе роста, развития и размножения живых организмов лежит деление. Различают следующие виды деления: амитоз, митоз. Основа бесполого размножения — митоз. Фазы митоза: профаза, метафаза, анафаза, телофаза.

Все болезни начинаются с повреждения или нарушения работы каких-либо клеток организма.





Раздел 2. ОРГАНИЗМ

Обязательный признак любого организма на Земле — обмен веществ и энергии. Действительно, все существа питаются, дышат, транспортируют вещества и выводят продукты обмена, размножаются, развиваются. И все эти многообразные и очень сложные процессы контролируются регуляторными системами, обеспечивая успешное существование живых организмов в самых разных условиях: от полярных широт до экватора.

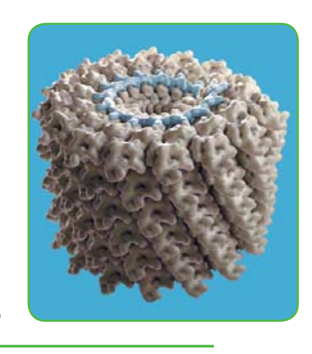
§ 9. НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ: вирусы



- Что такое неклеточная форма жизни?
- Каковы строение и роль вирусов в природе?



а



б

Рис. 31. Схема строения: *а* — вируса иммунодефицита (ВИЧ); *б* — вируса табачной мозаики



Рис. 32. Схема строения бактериофага

Вирусы (от лат. *virus* — яд) — неклеточная простейшая форма жизни, занимающая промежуточное положение между живой и неживой материей. Вирусы являются внутриклеточными паразитами и вне клетки-хозяина не размножаются.

Вирусы были открыты в 1892 г. русским физиологом растений и микробиологом *Дмитрием Иосифовичем Ивановским*, изучавшим мозаичную болезнь табачных листьев (рис. 31). Он первым обнаружил, что возбудитель этого заболевания настолько мал, что свободно проходит через фильтры с минимальным размером пор, которые не пропускают даже самые мелкие бактерии. Увидеть вирусы можно только с помощью электронного микроскопа.

Устроены вирусы довольно просто. Каждая вирусная единица представляет собой молекулу ДНК или РНК в белковой оболочке. Эта оболочка называется **капсидом**. Капсид может иметь разнообразную форму.

Вирусы поражают клетки любых живых организмов, но каждый вирус паразитирует лишь на определённых клетках организма. Например, вирус гепатита поражает клетки печени, а фаг Т-2 — только клетки бактерий (именно такие вирусы, т. е. паразитирующие исключительно в бактериальных клетках, называют **фагами** или **бактериофагами** (рис. 32). Прикрепившись к мембране клетки-хозяина, вирус вводит в клетку свою ДНК или РНК, и с этого момента вся жизнедеятельность клетки резко меняется, перестраиваясь на производство вирусных частиц: синтез вирусных нуклеиновых кислот, синтез белков для постройки капсидов и т. п. (рис. 33). Когда в клетке образуется множество вирусных частиц, они выходят в окружающую среду и заражают следующие клетки. Активно размножающийся вирус не всегда убивает клетку-хозяина, она может продолжать жить и продуцировать новые вирусные частицы.

Вирусы являются причиной множества опасных болезней. Так, у человека вирусы вызывают оспу, бешенство, корь, полиомиелит, СПИД, грипп; у растений — болезни огурцов, томатов и др.; у животных — ящур, чуму свиней и др.

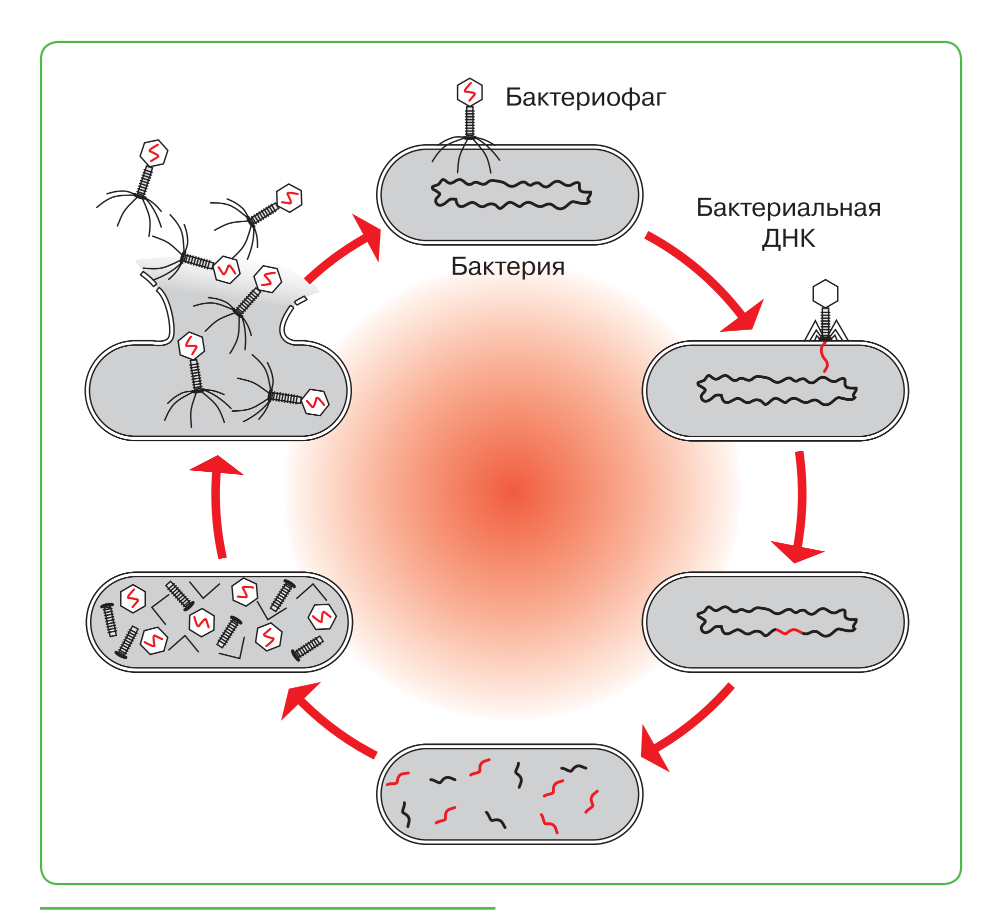


Рис. 33. Цикл развития бактериофага

Происхождение вирусов до сих пор не выяснено. Многие учёные полагают, что их предками около 3 млрд лет тому назад стали паразитические бактерии, которые постепенно утратили все свои системы жизнеобеспечения, кроме генетического аппарата.

Однако в настоящее время на Земле абсолютно преобладают клеточные формы жизни.

Запомнить: вирусы; капсид; фаги (бактериофаги).



ВЫВОДЫ

Вирусы — неклеточная форма жизни. Но назвать их живыми можно только в клетке-хозяине, так как сами по себе вирусы — внутриклеточные паразиты и самостоятельно не размножаются. Вирусы — возбудители многих опасных болезней человека: оспы, бешенства, кори, СПИДа, гриппа.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое вирус?
2. Каково строение вируса?
3. Как вирус проникает в клетку-хозяина?
4. Какова роль вирусов в природе и жизни человека?
5. Какие болезни можно лечить с помощью бактериофагов?

Выполни задания

1. Перечислите гигиенические навыки, которые помогут в предотвращении вирусных инфекций.
2. Предложите свою гипотезу возникновения вирусов.

Обсуди с товарищами

1. Почему вирус проявляет свойства живого организма, только внедрившись в живую клетку?
2. Выскажите своё мнение, какова роль вирусов в эволюции.

Выскажи мнение

Все вирусы являются внутриклеточными паразитами.

Для любознательных

Люди науки

● **Дмитрий Иосифович Ивановский** (1863—1920) — русский физиолог растений, микробиолог, первооткрыватель вирусов, основоположник вирусологии (рис. 34). Прививая здоровым растениям табака сок больных растений, доказал заразность мозаичной болезни. Определил, что возбудитель способен проходить через мельчайшие поры фильтров.

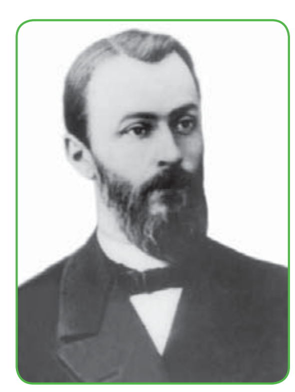


Рис. 34. Д. И. Ивановский

§ 10. КЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ: одноклеточные и многоклеточные организмы, колонии



- Каковы особенности одноклеточных организмов?
- •• Какие преимущества обеспечивает многоклеточность? Как возникли многоклеточные существа?

Первыми живыми организмами на Земле были одноклеточные прокариоты, появившиеся 3,9 млрд лет назад, а затем и эукариоты. Именно эти существа за миллионы лет подготовили нашу планету к появлению огромного много-



а



б



в

Рис. 35. Одноклеточные организмы: *а* — амёба; *б* — бактерии; *в* — дрожжи

образия живых организмов. Одноклеточные существа имеют все признаки и свойства живого организма, при этом его многочисленные функции выполняет всего одна клетка (рис. 35). И действительно, одни органоиды клетки обеспечивают движение, другие — дыхание, третьи — питание, четвёртые — выделение и т. д. Кроме того, одноклеточные организмы обычно не достигают больших размеров, крупные встречаются очень редко (например, некоторые грибы, грибница которых в результате потери перегородок между клетками превращается в одну гигантскую клетку).

Какие преимущества даёт своему обладателю многоклеточность? Клетки многоклеточного организма специализируются на выполнении различных функций на благо всего организма. В пределах одного организма из специализированных клеток возникли ткани, органы, системы органов, одни из которых обеспечивают движение, другие — питание, третьи — размножение и т. д. Многоклеточность способствовала увеличению разнообразия живых организмов и их расселению по нашей планете. Кроме того, если одноклеточное существо при значительном повреждении клетки обречено на гибель, то смерть десятков, сотен или даже тысяч клеток в многоклеточном организме не станет причиной его гибели. Например, клетки коры сосны или берёзы отмирают и отпадают, но на состоянии деревьев это не сказывается отрицательно.

Когда и каким образом могли возникнуть многоклеточные существа? Учёные считают, что это великое событие в эволюции живой природы произошло 2,1 млрд лет тому назад, в протерозойскую эру. В этот же период происходило разделение живых организмов, населявших Землю, на царства: простейшие, растения, животные, грибы. По современным представлениям многоклеточность, возможно, могла возникать в каждом царстве независимо, причём не один раз. Однако большинство исследователей сходятся во мнении, что предками всех многоклеточных могли быть существа, похожие

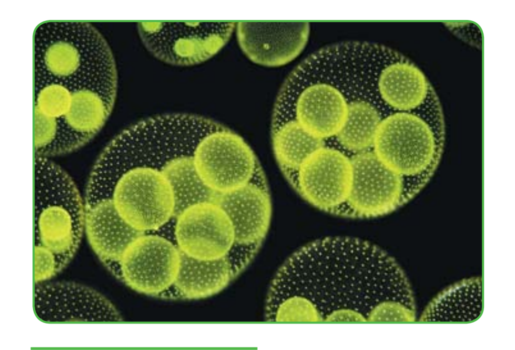


Рис. 36. Колониальный организм — вольвокс

на современные колониальные жгутиковые водоросли **вольвокс** (рис. 36) и **гониум.** Эти колониальные организмы представляют собой группу водорослей, ведущих совместное существование, при этом наружные клетки обеспечивают движение и питание всей колонии, а внутренние ответственны за размножение. В простейших колониях каждая особь способна жить самостоятельно, но объединение в колонию даёт клеткам ряд явных преимуществ. В высокоорганизованных колониях, таких, как вольвокс, могут сосуществовать около 20 тыс. отдельных клеток.

Считается, что после деления некоторые древние одноклеточные организмы не расходились, а объединялись в колонии. Такие колонии могли стать промежуточным звеном между одноклеточными и многоклеточными. Первыми многоклеточными были водоросли и предки современных кишечнополостных (рис. 37).

По-видимому, первые многоклеточные организмы не отличались большой подвижностью и не могли быстро реагировать на изменения окружающей среды.

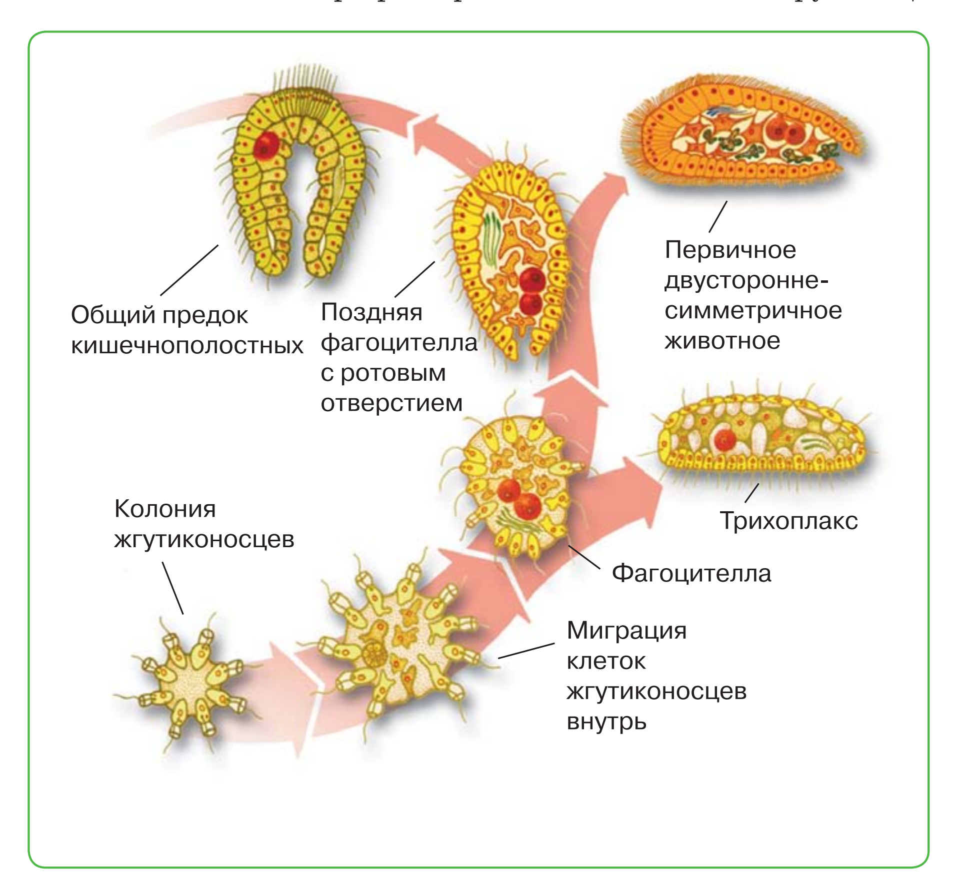


Рис. 37. Происхождение многоклеточных организмов


а


б

Рис. 38. Многоклеточные организмы: *а* — актиния; *б* — рыба

Поэтому равномерное распределение основных органов по всему телу было для них оптимально. Пример — щупальца современной гидры, расположенные по окружности. Через такое тело можно провести более одной плоскости симметрии, и такую симметрию тела называют **лучевой.** Она характерна для прикреплённых, малоподвижных животных (рис. 38, *а*). Однако, как только органы движения многоклеточных организмов усовершенствовались и животные стали активно двигаться, лучевая симметрия тела сменилась на *билатеральную*, или **двустороннюю, симметрию** (хотя известны древние организмы, которые уже обладали двусторонней симметрией). При таком типе симметрии тела явно выражен его головной конец (рис. 38, *б*), именно на голове сосредоточены органы чувств, захвата пищи, обороны. Подавляющее число животных обладают двусторонней симметрией тела, т. е. их тело можно разделить на две одинаковые половины только одной плоскостью.

Запомнить: вольвокс, гониум; симметрия лучевая и двусторонняя.



ВЫВОДЫ

В настоящее время на Земле абсолютно преобладают клеточные формы жизни. Первыми живыми существами на нашей планете были, по-видимому, одноклеточные прокариоты и эукариоты. Но многоклеточность даёт своим обладателям множество преимуществ, и в наше время многоклеточные формы живых существ господствуют.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое организм? Какими свойствами он обладает?
2. Чем одноклеточный организм отличается от клеток многоклеточного организма?
3. Когда возникли первые одноклеточные организмы?
4. Чем отличается колониальный организм от одноклеточного?
5. Чем отличается колониальный организм от многоклеточного?

Обсуди с товарищами

Какие преимущества даёт организму многоклеточность?

Выскажи мнение

Почему считается, что колонии — промежуточное звено между одноклеточными и многоклеточными организмами?

Для любознательных

Это интересно

- Гипотезу о формировании многоклеточности выдвинул Илья Ильич Мечников (1845–1916) — русский и французский биолог, лауреат Нобелевской премии 1908 г. По его мнению, гипотетическим предком многоклеточных была *фагоцителла* — шарообразная колония жгутиковых, способных к фагоцитозу.
- Наиболее древними многоклеточными, известными в настоящее время, являются червеобразные организмы длиной до 12 см, обнаруженные в 2010 г. в Габоне (Центральная Африка). Их возраст оценивается в 2,1 млрд лет.
- Если какая-то группа животных перестаёт активно двигаться и переходит к прикреплённому образу жизни, двусторонняя симметрия тела заменяется на лучевую. Так, к примеру, происходит у некоторых низших ракообразных.

§ 11. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМА: химические элементы, неорганические вещества, органические вещества (белки, липиды, углеводы)



• На какие группы разделяют химические элементы в зависимости от их содержания в клетках?

•• Каковы особенности химического состава клетки?

Живые организмы состоят из тех же химических элементов, что и неживые объекты (рис. 39). В зависимости от содержания в клетках все элементы разделяют на несколько групп. Согласно одной из современных классификаций выделяют следующие группы элементов.

Органогенные элементы составляют основную массу клетки — 97–99%. Это кислород, водород, углерод и азот.

Макроэлементы — это кальций, фосфор, калий, сера, натрий, хлор, магний. Их около 1,5%.

Микроэлементы составляют всего около 0,01% массы клетки. К ним относят железо, иод, медь, цинк, кобальт, фтор, молибден, бром, марганец, селен, хром и другие элементы Периодической таблицы Д. И. Менделеева.

Всего в состав любой клетки обязательно входит не менее 90 элементов.

Неорганические вещества клетки — это вода и минеральные соли.

Вода составляет 75–85% массы клетки. И чем активнее клетка, тем больше в ней воды. Вода является универсальным растворителем, и почти все реакции в живых организмах происходят в водных растворах; транспорт веществ в ор-

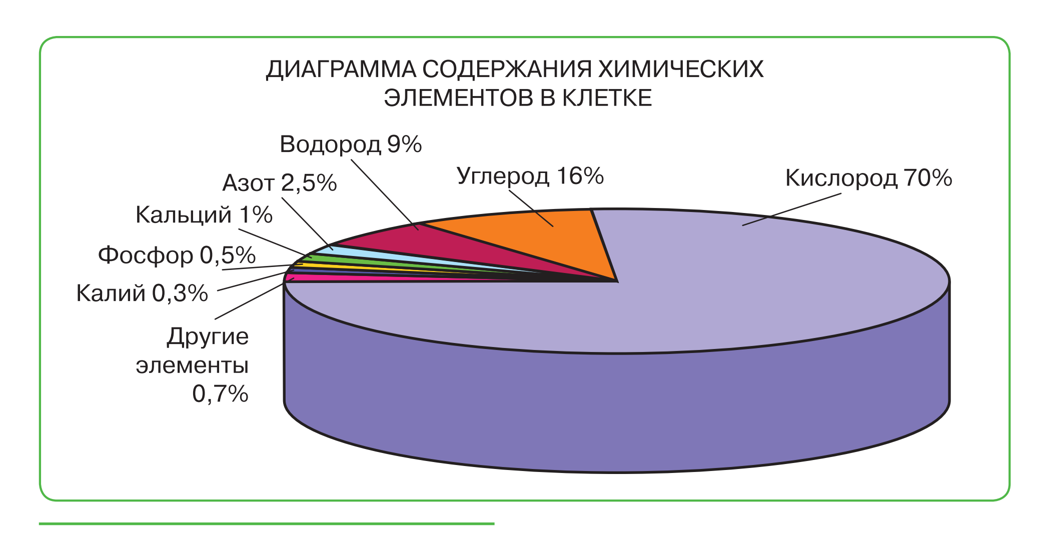


Рис. 39. Содержание некоторых химических элементов в клетке

ганизмах также осуществляется в водных растворах; вода обеспечивает тепловое равновесие в клетках и организмах; вода определяет объём клеток и внутриклеточное давление; вода участвует в реакциях обмена веществ.

Минеральные вещества составляют около 1,5% массы клетки, чаще они являются солями серной, фосфорной и соляной кислот. Химические элементы в виде ионов входят в состав самых разных веществ, участвуя в реакциях, происходящих в клетках и организме. Например, калий, натрий и хлор обеспечивают возбудимость клетки; фосфор входит в состав всех костей и зубов; *железо* — компонент гемоглобина, магний — хлорофилла; иод входит в состав гормонов щитовидной железы; сера — компонент некоторых аминокислот; марганец и железо необходимы для процессов фотосинтеза и т. д.

К ***органическим веществам*** клетки относят белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты (рис. 40).

Белки — это полимеры, состоящие из 22 видов мономеров, называемых *аминокислотами* (рис. 41).

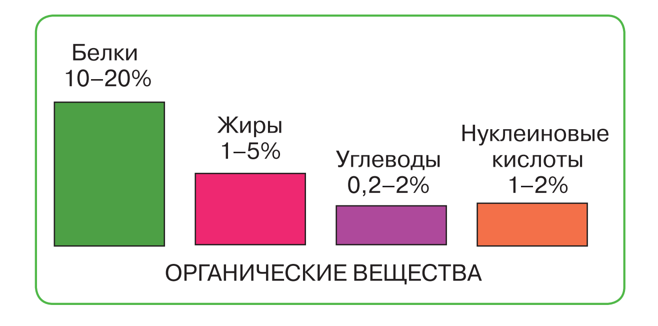


Рис. 40. Основные группы органических веществ в клетке

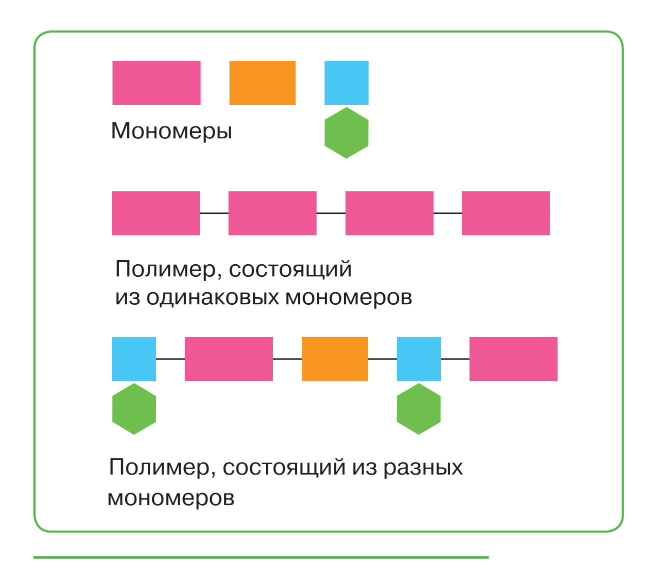


Рис. 41. Схема строения мономера и полимера

Мономеры создают полимерную цепочку путём образования *пептидной* связи между аминокислотами с отщеплением воды. Аминокислоты разделяют на *заменимые* (синтезируются в самом организме) и *незаменимые*, которые животный организм получает с пищей.

В строении молекулы белка (рис. 42) различают:

1) *первичную структуру* — последовательность аминокислотных остатков;

2) *вторичную структуру* — как правило, это спиральная структура, удерживаемая множеством водородных связей, возникающих между находящимися близко друг от друга C=O- и NH-группами;

3) *третичную структуру* — это пространственная конфигурация, напоминающая компактную глобулу, которая поддерживается ионными, водородными и дисульфидными (S=S) связями;

4) *четвертичную структуру*, образующуюся при взаимодействии нескольких глобул (например, молекула гемоглобина состоит из четырёх таких субъединиц).

Утрата белковой молекулой своей структуры называется *денатурацией*; она может быть вызвана высокой температурой, обезвоживанием, облучением и другими сильными воздействиями (рис. 43). Даже если при денатурации первичная структура не разрушилась, то при восстановлении нормальных условий свойственная белку конфигурация самостоятельно не восстанавливается, для этого необходима работа особых ферментов.

Функции белков в клетке очень разнообразны. Они играют роль *катализаторов*, т. е. ускоряют химические реакции в организме (белки-ферменты уско-

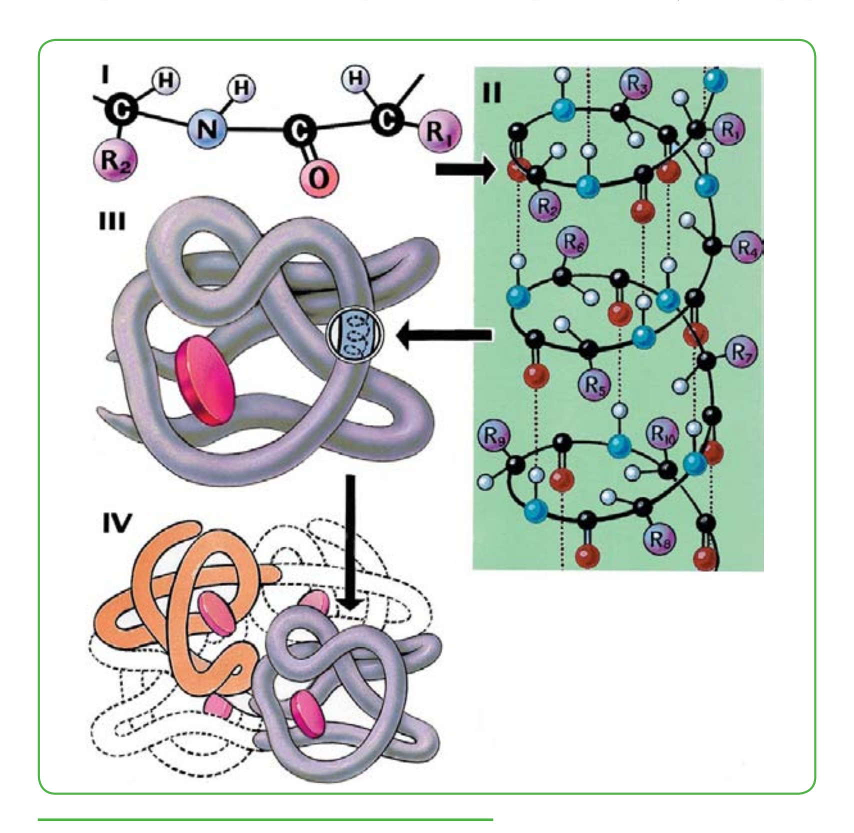


Рис. 42. Уровни организации белковой материи

ряют реакции в десятки и сотни тысяч раз). Белки также выполняют *строительную функцию* (входят в состав мембран и органоидов клетки, а также в состав внеклеточных структур, например коллаген в соединительной ткани). *Движение организмов* обеспечивается специальными белками (актином и миозином). Белки выполняют также *транспортную функцию* (например, гемоглобин транспортирует O_2). Белки входят в состав иммунной системы организма (антитела), обеспечивают процесс свёртывания крови (белок плазмы крови фибриноген), т. е. выполняют *защитную функцию*. Они служат одним из *источников энергии* (при распаде 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии). Выделяют также *регуляторную функцию* белков, так как многие гормоны — это белки (например, гормоны гипофиза, поджелудочной железы и т. д.). Связь организма с внешней средой осуществляется через посредство белков, выполняющих *рецепторную функцию* (родопсин).

Липиды — это группа жироподобных веществ, нерастворимых в воде. Бóльшая часть липидов образована жирными кислотами и спиртом — глицерином. Липиды выполняют в организме строительную, запасающую, регуляторную, защитную функции, функцию теплоизоляции, являются источником энергии (при расщеплении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии).

Углеводы — это органические соединения, в состав которых входят водород, углерод и кислород (как следует из названия, водород и кислород в их молекуле находятся в том же соотношении, что и в молекуле воды). Углеводы образуются при участии углекислого газа в хлоропластах зелёных растений или в клетках некоторых бактерий.

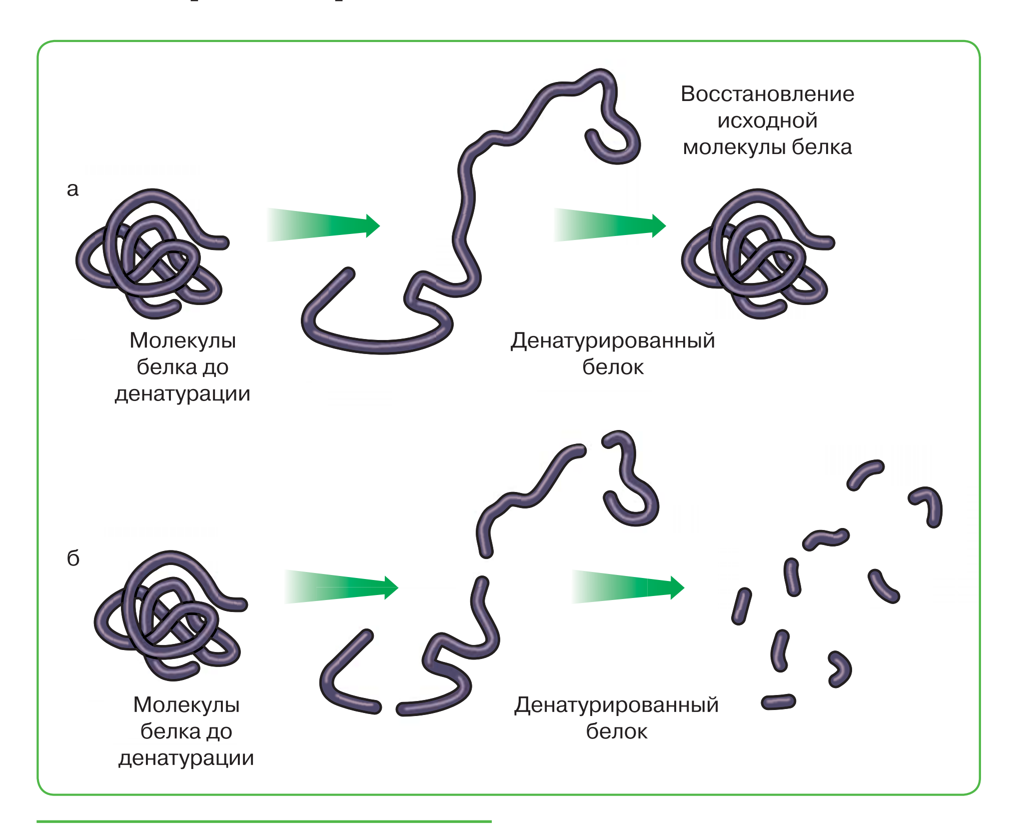


Рис. 43. Схема денатурации белка: *а* — обратимая; *б* — необратимая

Различают *моносахариды* (глюкоза, фруктоза, рибоза), *дисахариды* (сахароза, мальтоза) и *полисахариды* (крахмал, гликоген, хитин, клетчатка).

Углеводы выполняют строительную функцию (целлюлозная оболочка в растительных клетках, хитин в скелете насекомых и в стенке клеток грибов), являются источником энергии (при распаде 1 г глюкозы освобождается 17,6 кДж энергии), входят в состав ДНК, РНК и АТФ в виде дезоксирибозы и рибозы. Обычно в клетке животных организмов содержится около 1% углеводов (в клетках печени — до 5%), а в некоторых растительных клетках — до 90%.



Запомнить: органогенные элементы, макроэлементы, микроэлементы; белки, липиды, углеводы.

ВЫВОДЫ

Живые организмы состоят из тех же химических элементов, что и неживые объекты. В зависимости от содержания в клетках элементы разделяют на несколько групп. К неорганическим веществам относят минеральные соли и воду, а к органическим — белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Какие элементы относятся к органогенным?
2. Какие макро- и микроэлементы входят в состав клеток живых организмов?
3. Какова роль минеральных веществ в клетке?
4. Какую роль играет вода в клетке?
5. Какие вещества относятся к органическим?
6. Что такое мономеры?

Выполни задания

1. Перечислите функции белков.
2. Охарактеризуйте химическую природу липидов.
3. Назовите известные вам углеводы, входящие в состав клеток живых организмов.

Обсуди с товарищами

Что может служить подтверждением единства живой природы и её общности с неживой природой?

Выскажи мнение

Почему кислород, водород, углерод и азот называют органогенными элементами?

Для любознательных

Это интересно

- Совсем недавно считалось, что химический элемент селен совершенно не нужен в клетках и даже является ядом. Но в настоящее время стало известно, что при полном отсутствии его в пище и воде у детей развиваются серьёзные расстройства здоровья, поэтому в некоторых областях Поволжья, бедных селеном, пришлось создавать специальные селенсодержащие таблетки.

§ 12. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМА: органические вещества (нуклеиновые кислоты и АТФ)

- Каковы функции нуклеиновых кислот?
- Что представляет собой макроэргическое соединение АТФ?



Носителями наследственной информации о всех признаках любого живого организма являются ***нуклеиновые кислоты***. В клетке обнаружены два вида нуклеиновых кислот: ***дезоксирибонуклеиновая кислота*** (***ДНК***) и ***рибонуклеиновая кислота*** (***РНК***).

Молекулы ***дезоксирибонуклеиновой кислоты*** (***ДНК***) представляют собой двойные полимерные цепочки из мономеров — **нуклеотидов** (рис. 44, 45). Каждый нуклеотид состоит из *азотистого основания*: аденина (А), тимина (Т), гуанина (Г) или цитозина (Ц), *сахара* — дезоксирибозы и *остатка фосфорной кислоты* (рис. 46). Нуклеотиды объединяются в полимерную цепь за счёт связей между остатком фосфорной кислоты одного нуклеотида и дезоксирибозой другого нуклеотида, две параллельные цепочки нуклеотидов образуют *правозакрученную двойную спираль*. Двойная спираль удерживается водородными связями между обращёнными внутрь неё азотистыми основаниями нуклеотидов, причём аденин (А) может образовывать две водородные связи только с тимином (Т), а гуанин (Г) — три водородные связи только с цитозином (Ц). Основания, образующие пары (А=Т и Г≡Ц), получили название *комплементарных*.

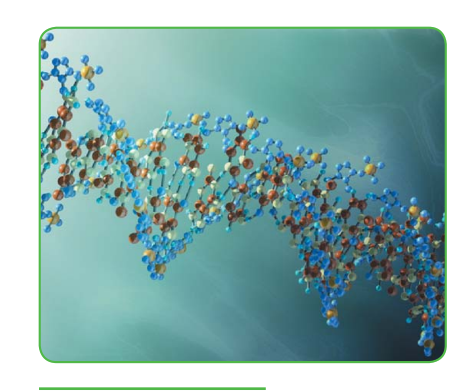


Рис. 44. Модель молекулы ДНК

ДНК содержится главным образом в ядре. Кроме того, свою ДНК имеют митохондрии и пла-

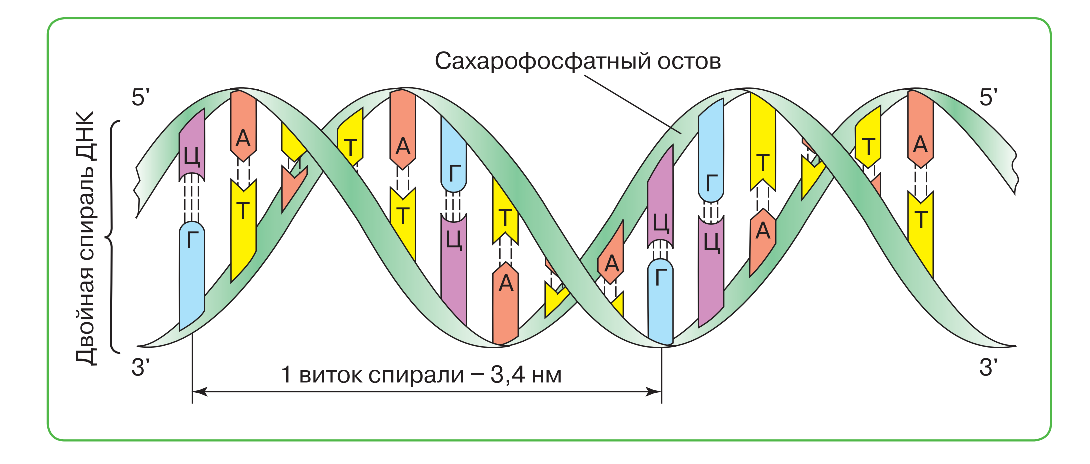


Рис. 45. Участок двуспиральной молекулы ДНК

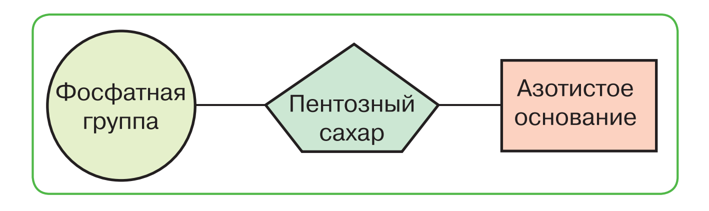


Рис. 46. Схема строения нуклеотида

стиды, она и определяет свойства этих органоидов клетки.

Перед делением клетки происходит удвоение ДНК, что обеспечивает одинаковый набор генов в обеих образующихся клетках.

Процесс удвоения ДНК получил название *репликация*. При репликации водородные связи между комплементарными азотистыми основаниями аденином — тимином и гуанином — цитозином разрываются специальным ферментом. Нити, составляющие двойную спираль ДНК, расходятся, и к каждому нуклеотиду обеих нитей последовательно подстраиваются комплементарные нуклеотиды (рис. 47). Подстраивающиеся нуклеотиды соединяются в две нити ДНК, каждая из которых представляет собой копию разошедшихся нитей ДНК. Таким образом, в результате репликации возникают две одинаковые двойные спирали ДНК, состоящие из одной нити материнской молекулы и одной вновь синтезированной нити. В процессе удвоения ДНК участвует много ферментов. Как на любой синтез в клетке, на осуществление процесса репликации затрачивается энергия АТФ.

***Рибонуклеиновая кислота* (*РНК*)** — вещество, молекула которого состоит из одной цепи нуклеотидов. Нуклеотиды РНК также содержат четыре азотистых основания, но вместо тимина в РНК входит урацил (У), а вместо дезоксирибозы — рибоза.

В клетках содержится несколько видов РНК:

1) *тРНК — транспортная РНК*, она переносит аминокислоты к месту синтеза белка, т. е. к рибосомам; тРНК имеет структуру, напоминающую по форме кленовый лист. Для каждого вида аминокислот существует своя разновидность тРНК. Таким образом, насчитывают более 20 видов тРНК;

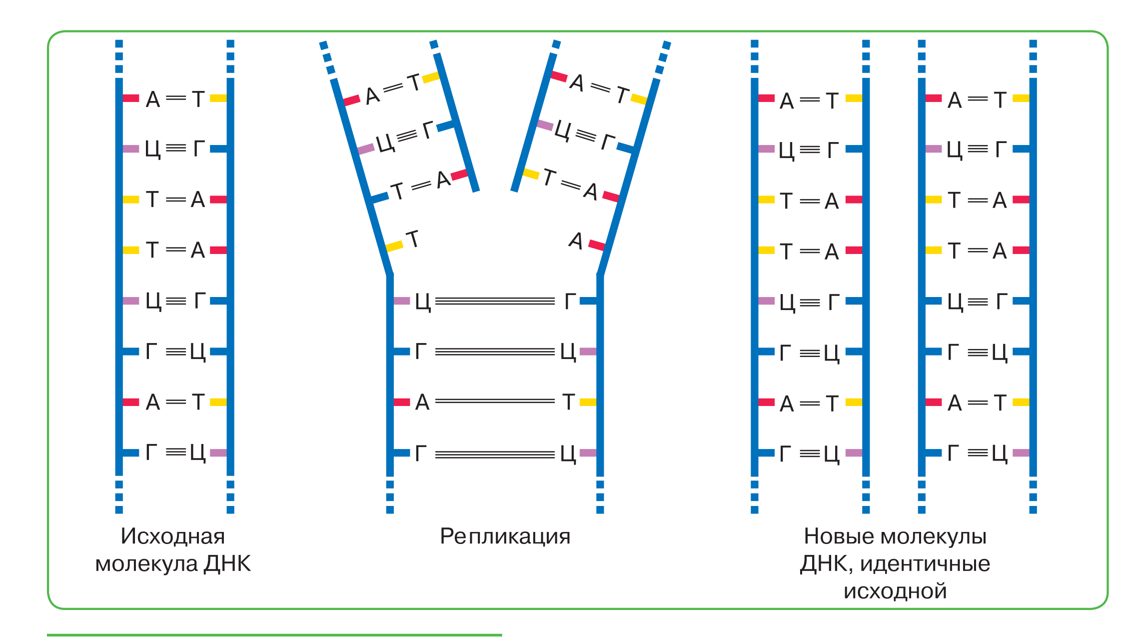


Рис. 47. Схема репликации молекулы ДНК

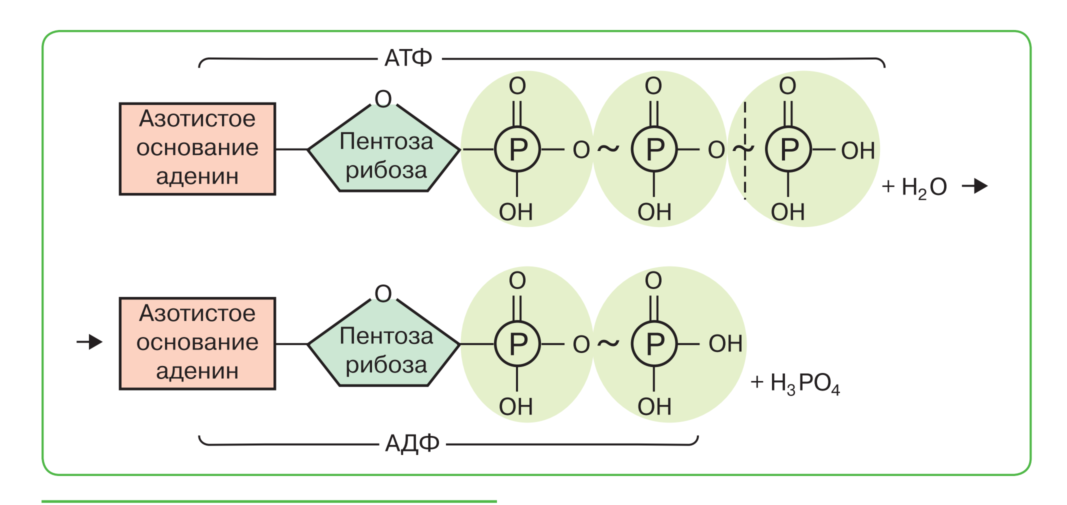


Рис. 48. Превращение молекулы АТФ в АДФ

2) *иРНК (мРНК) — информационная (матричная) РНК*, переносящая информацию о последовательности аминокислот с ДНК к месту синтеза белка;

3) *рРНК — рибосомальная РНК*, входящая в состав рибосом;

4) *митохондриальная РНК* и др.

АТФ — аденозинтрифосфорная кислота (нуклеозидтрифосфат) — соединение, относящееся к группе нуклеиновых кислот (рис. 48); это универсальный источник энергии для всех процессов, протекающих в живых организмах. Концентрация АТФ в клетке мала (0,04%; в скелетных мышцах — 0,5%). Молекула АТФ состоит из аденина, рибозы и трёх остатков фосфорной кислоты. При отщеплении остатка фосфорной кислоты выделяется большое количество энергии:

$$\text{АТФ} + H_2O \rightarrow \text{АДФ} + H_3PO_4 + 40 \text{ кДж/моль.}$$

Связь между остатками фосфорной кислоты называют *макроэргической*: при её расщеплении выделяется примерно в 4 раза больше энергии, чем при расщеплении других химических связей. Соответственно соединение, содержащее такую связь, называют *макроэргическим*.

Энергию АТФ клетка использует в процессах синтеза сложных веществ, для осуществления мышечных сокращений, переноса молекул через биологические мембраны, при проведении нервных импульсов, в процессе фотосинтеза и для других целей. АТФ служит универсальным накопителем и источником энергии во всех живых организмах на Земле.

Запомнить: нуклеиновые кислоты; нуклеотиды; ДНК; РНК, виды РНК; АТФ.



ВЫВОДЫ

Носителями наследственной информации о всех признаках любого живого организма являются нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК). АТФ — нуклеотид, который служит универсальным накопителем и источником энергии во всех клетках живых организмов на Земле.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Какие вещества являются носителями наследственной информации о признаках живого организма?
2. Каково строение молекулы ДНК?
3. Что такое репликация?
4. В чём различие в строении молекул ДНК и РНК?

Выполни задания

1. Назовите виды нуклеиновых кислот и их функции.
2. Назовите основные процессы, для осуществления которых необходима энергия АТФ.

Обсуди с товарищами

Почему в клетках живых организмов имеется как минимум три вида РНК и только один вид ДНК?

Выскажи мнение

Чем, по вашему мнению, определяется функция АТФ как универсального накопителя и источника энергии?

§ 13. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В ОРГАНИЗМЕ: пластический обмен (фотосинтез, синтез белка)



- Что такое метаболизм?
- В чём суть пластического обмена? В каких органоидах клетки происходят фотосинтез и синтез белка?

Пластический обмен — это все реакции синтеза веществ, необходимых для нормальной жизнедеятельности (рис. 49). По способу получения таких веществ живые организмы разделяют на две группы: *гетеротрофы* и *автотрофы*.

Гетеротрофы — это организмы, использующие в качестве источника углерода и одновременно источника энергии готовые органические вещества, получаемые извне. К ним относятся животные, грибы, многие бактерии.

По способу получения органических веществ гетеротрофов разделяют на паразитов, сапротрофов и голозойные организмы.

Паразиты получают вещества из живых организмов, нанося им вред, например: дизентерийная амёба, бычий цепень, петров крест.

Сапротрофы питаются органическими веществами мёртвых организмов, всасывая их через клеточную стенку, например: многие грибы, бактерии гниения.

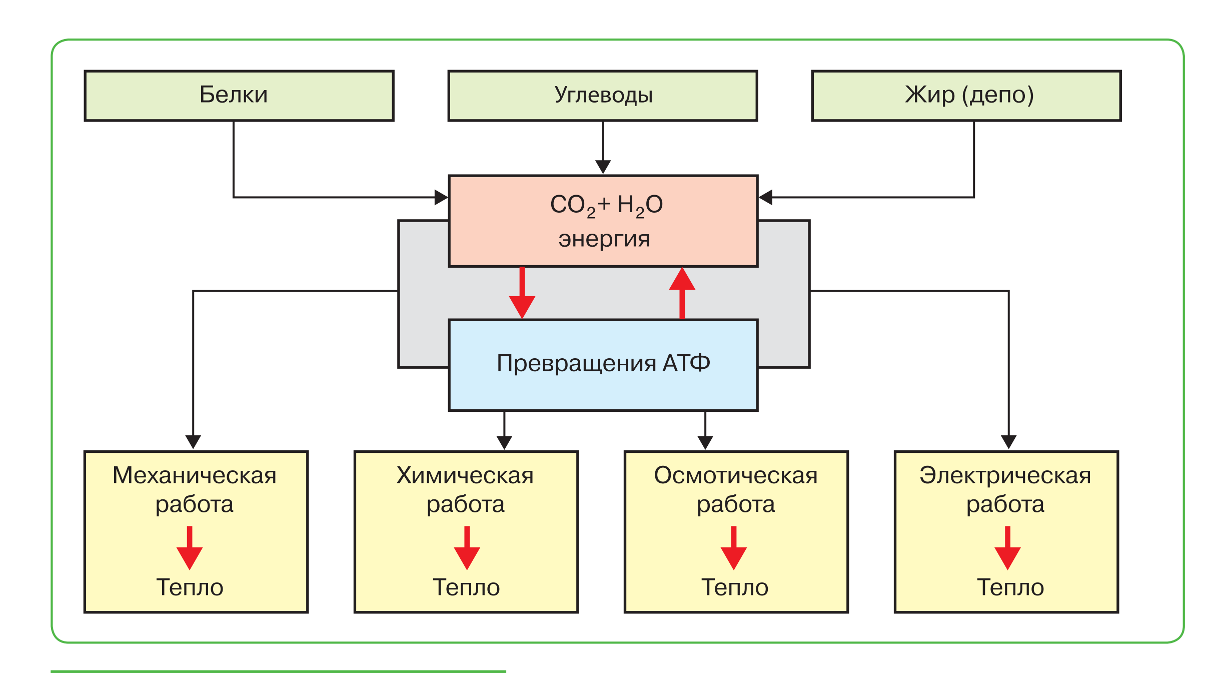


Рис. 49. Упрощённая схема обмена веществ и энергии

Голозойные организмы поедают пищу (органические вещества), переваривают её и усваивают путём всасывания. Голозойные организмы подразделяют на *травоядных*, *плотоядных* и *всеядных*.

Автотрофы — это организмы, способные самостоятельно синтезировать необходимые органические вещества, используя в качестве источника углерода углекислый газ.

Автотрофов разделяют на *фотосинтетиков*, использующих для синтеза органических веществ энергию света (зелёные растения и цианобактерии) и *хемосинтетиков*, синтезирующих органические вещества за счёт энергии химических связей (некоторые виды бактерий). Существуют также *миксотрофы*, обладающие смешанным питанием и в отсутствие света способные питаться гетеротрофно (эвглена зелёная).

Фотосинтез. Фотосинтез — это, как уже говорилось, способ питания зелёных растений и некоторых бактерий (рис. 50). В процессе фотосинтеза с участием неорганических веществ — углекислого газа (CO_2) и воды (H_2O) за счёт энергии солнечного света образуются органическое вещество глюкоза ($C_6H_{12}O_6$) и кислород (O_2), который выделяется в окружающую среду. Суммарная реакция фотосинтеза:

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{энергия света} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2\uparrow.$$

Фотосинтез в растительных клетках осуществляется в хлоропластах. Это сложный и многоступенчатый процесс, в котором можно выделить две фазы: *световую* и *темновую*.

В ***световую фазу*** молекулы хлорофилла захватывают фотоны света, и большая часть их энергии используется растением для синтеза АТФ. Молекула хлорофилла, захватив фотон, на очень короткое время возбуждается, в результате чего один из её электронов получает избыток энергии. Этот электрон

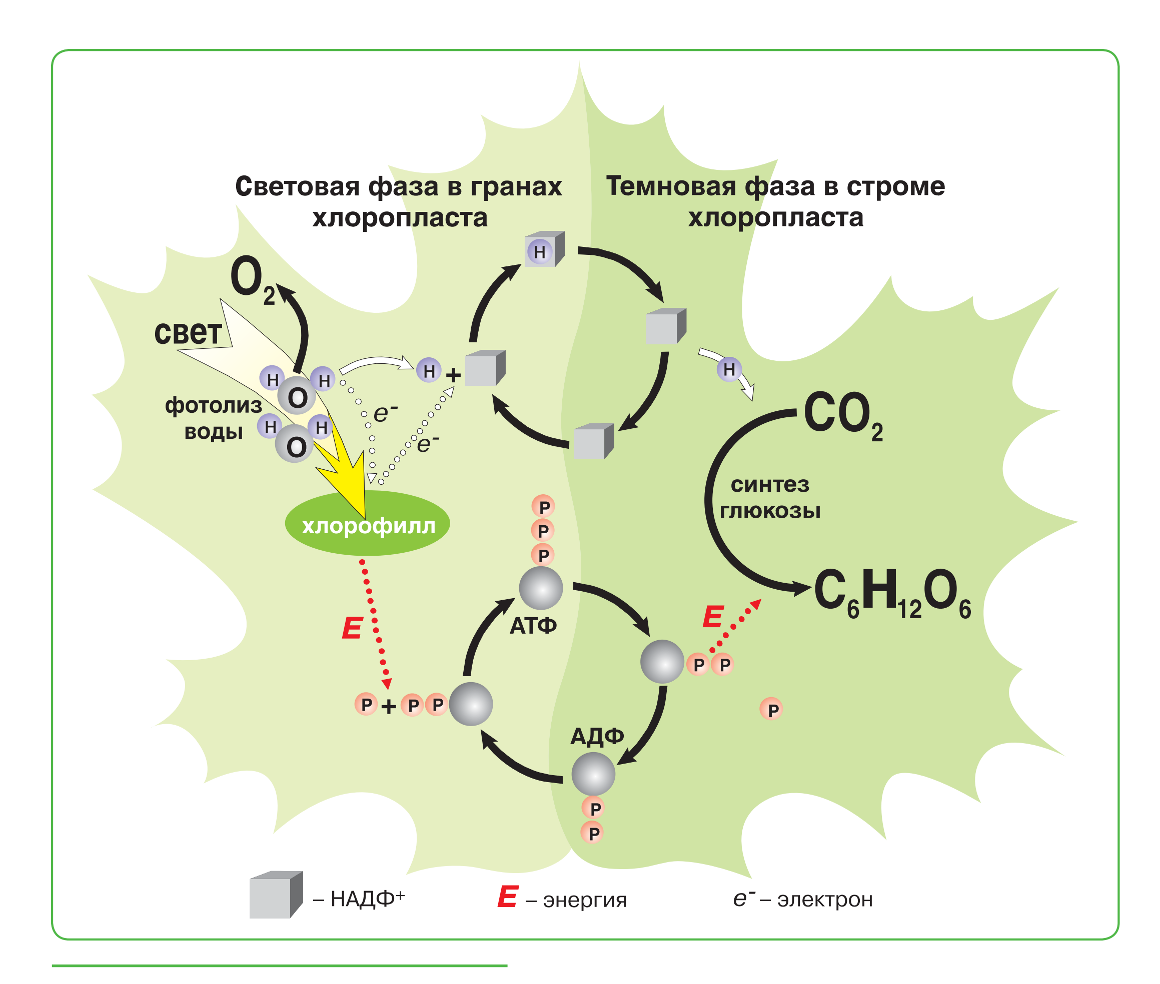


Рис. 50. Схема фотосинтеза у высших растений

перемещается по цепи белков-переносчиков, находящихся в мембране тилакоида, и его энергии хватает для синтеза двух молекул АТФ. Этот процесс эффективен, и в хлоропластах образуется гораздо больше АТФ, чем в митохондриях растительной клетки.

В световую фазу идёт также другой важный процесс — *фотолиз* воды. При фотолизе молекулы H_2O распадаются не на протон и гидроксил-ион, а на протон, электроны (они поступают к молекулам хлорофилла) и молекулярный кислород. Именно при фотолизе воды выделяется в качестве побочного продукта тот кислород, которым дышит большинство живых существ на Земле:

$$4OH \rightarrow O_2 + 2H_2O$$

Образовавшиеся в ходе фотолиза воды протоны запасаются в составе особых молекул-переносчиков протонов (НАДФН). Эти молекулы доставят протоны в реакции темновой фазы, где они будут использоваться для синтеза углеводов. На этом световая фаза фотосинтеза заканчивается, и в результате в хлоропласте накапливаются богатые энергией соединения.

Темновая фаза фотосинтеза. Реакции темновой фазы протекают в строме хлоропластов, причём от освещённости они не зависят. В строму из пластид поступают богатые энергией вещества, в частности АТФ, а также CO_2,

который попадает в клетки листьев через устьица. В результате многоступенчатых реакций в темновую фазу CO_2 восстанавливается до глюкозы, затрачивая при этом энергию, запасённую в световую фазу:

$$6CO_2 + 24H^+ + \text{АТФ} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O.$$

Фотосинтез продуктивен, но хлоропласты листа захватывают для участия в этом процессе всего один квант света из 100 тыс. Тем не менее этого достаточно для того, чтобы зелёное растение могло синтезировать 1 г глюкозы в час с поверхности листьев площадью 1 $м^2$.

Общепланетарное значение фотосинтеза заключается в том, что большинство наземных пищевых цепей начинается именно с фотосинтетиков и без фотосинтеза жизнь на Земле в её современном виде очень быстро прекратится.

Хемосинтез. ***Хемосинтетики*** — это автотрофы, способные синтезировать необходимые им органические соединения из неорганических за счёт энергии химических реакций окисления, происходящих в их организме. Захватываемые хемосинтетиками вещества окисляются, а образующаяся энергия используется на синтез сложных органических молекул из CO_2 и H_2O. Этот процесс носит название ***хемосинтеза***.

Важнейшая группа хемосинтезирующих организмов — *нитрифицирующие бактерии*. Исследуя их, русский микробиолог Сергей Николаевич Виноградский в 1887 г. открыл процесс хемосинтеза. Обитая в почве, эти бактерии окисляют аммиак, образующийся при гниении органических остатков, до азотистой кислоты:

$$2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + 635 \text{ кДж},$$

а образующуюся при этом энергию используют в своей жизнедеятельности. Затем другие бактерии этой группы окисляют азотистую кислоту до азотной:

$$2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3 + 151{,}1 \text{ кДж}.$$

Взаимодействуя с минеральными веществами почвы, азотистая и азотная кислоты образуют соли (нитриты, нитраты), являющиеся важнейшими компонентами минерального питания высших растений.

В результате деятельности других видов бактерий в почве происходит образование фосфатов, также используемых высшими растениями.

Синтез белка. Важнейший процесс пластического обмена — синтез белка (рис. 51). Синтезировать белки могут все клетки, кроме утерявших ядро, например клетки зрелых эритроцитов человека.

Первичная структура белка определяется ядерной ДНК. Информация о последовательности аминокислот в одной пептидной цепи заложена в участке ДНК, называемом **геном**. Код ДНК един для всех организмов. Каждой аминокислоте соответствует три нуклеотида, образующих *триплет*, или *кодон*. Имеет место явная избыточность кода: существуют 64 комбинации триплетов, тогда как аминокислот только 20 видов. Есть также триплеты, которые обозначают начало и конец синтеза белка.

Синтез белка начинается с **транскрипции**, т. е. с синтеза иРНК по матрице одной из цепей ДНК. Процесс идёт по принципу комплементарности с помощью фермента РНК-полимеразы, начиная с определённого участка ДНК. Синтезированная иРНК направляется в цитоплазму к рибосомам, где и происходит сборка белковой молекулы.

К рибосомам подходят аминокислоты в соединении с тРНК, имеющей структуру, похожую на лист клевера. В этой структуре есть акцепторный «стебель», к которому и прикрепляется аминокислота. В центральной петле молекулы тРНК находится участок, который называют *антикодоном*, он определяет, какую аминокислоту может переносить эта тРНК. Существует более 60 видов тРНК.

Процесс синтеза белка называют **трансляцией**. Собранные в *полисомы* рибосомы двигаются по иРНК; движение происходит последовательно, по триплетам. В месте контакта рибосомы с иРНК работает фермент, собирающий белок из аминокислот, доставляемых к рибосомам тРНК. При этом происходит сравнение кодона иРНК с антикодоном тРНК: если они комплементарны, фермент (синтетаза) «сшивает» аминокислоты пептидной связью, а рибосома продвигается вперёд на один кодон.

Таким образом, *трансляция* — это перевод последовательности нуклеотидов молекулы иРНК в последовательность аминокислот синтезируемого белка.

Подсчитано, что все белки организма млекопитающего могут быть закодированы всего 2% ДНК, содержащимися в его клетках. А для чего же нужны остальные 98% ДНК? Оказывается, каждый ген устроен гораздо сложнее, чем считали раньше, и содержит не только тот участок, в котором закодирована структура какого-либо белка, но и специальные участки, способные включать

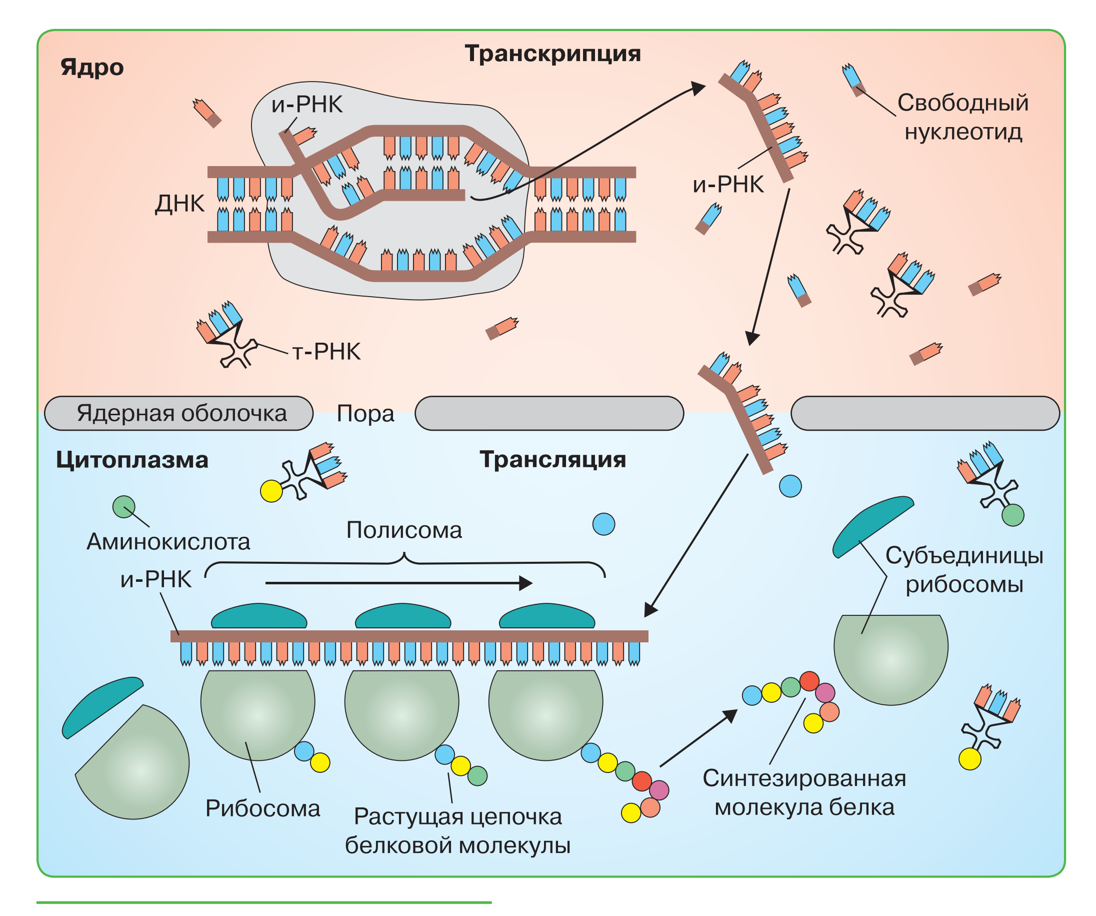


Рис. 51. Схема биосинтеза белка

и выключать работу каждого гена. Вот почему все клетки, например, человеческого организма, имеющие одинаковый набор хромосом, способны синтезировать разные белки: в одних клетках синтез белков идёт с помощью одних генов, а в других задействованы совсем иные гены. Итак, в каждой клетке реализуется только часть генетической информации, содержащейся в её генах.

Кроме того, огромное количество генов, доставшихся нам от далёких, совсем не похожих на нас предков, сохраняется в нашем генотипе, не проявляя себя внешне.

Запомнить: пластический обмен; гетеротрофы, автотрофы, миксотрофы; паразиты, сапрофиты; фазы фотосинтеза; хемосинтетики; ген; транскрипция; трансляция.



ВЫВОДЫ

По способу получения органических веществ, т. е. по способу питания, все существа на Земле подразделяют на гетеротрофов и автотрофов. Автотрофы способны самостоятельно синтезировать необходимые органические вещества за счёт энергии солнечного света — фотосинтетики и за счёт энергии химических превращений — хемосинтетики.

Синтез белка — важнейший процесс ассимиляции, включающий в себя транскрипцию и трансляцию.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Какие существуют типы питания?
2. Кто такие автотрофы?
3. Какие процессы происходят в темновую фазу фотосинтеза?
4. Чем фотосинтетики отличаются от хемосинтетиков?
5. Что такое ген?
6. Что происходит в процессе трансляции?

Выполни задания

1. Перечислите и охарактеризуйте этапы фотосинтеза.
2. Опишите этапы биосинтеза белка.

Обсуди с товарищами

1. Как понять выражение: «Дрова, уголь — «консервы» солнечной энергии»?
2. Какова роль зелёных растений в обеспечении условий для жизни на нашей планете?
3. Можно ли отнести азотофиксирующие бактерии к автотрофам?

Выскажи мнение

Можно ли считать рибосомы «сборочными цехами» в технологической цепочке производства белка?

Работа с моделями, схемами, таблицами

Заполните таблицу «Фотосинтез»:

Фазы фотосинтеза	Происходящие процессы	Результаты

§ 14. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В ОРГАНИЗМЕ: энергетический обмен



- Для чего организму нужна энергия?
- Как энергия используется в организме? Из каких этапов складывается энергетический обмен?

Любому организму постоянно требуется энергия для обеспечения самых различных сторон жизнедеятельности: роста, движения, транспорта веществ, размножения и др.

У покрытосеменных растений особенно много энергии уходит на процессы размножения. Только представьте себе, сколько питательных веществ теряют с плодами виноград, яблоня, арбуз! А ведь на их синтез пришлось потратить массу энергии АТФ каждого из этих растений. Огромны затраты энергии и у животных, и у людей. Например, очень велики затраты энергии, воды, солей у сталеваров в горячем цехе. Да и учительница, стоя 45 минут у доски, устаёт больше, чем тракторист за это же время. Затраты энергии у женщин при рождении ребёнка превышают таковые при восхождении альпинистов на Эльбрус или Казбек. У животных и человека, например, очень много энергии требует работа мозга, руководящего всей деятельностью организма, а также функционирование печени, в которой разрушаются ядовитые для организма вещества.

Где же организмы берут энергию? Как уже говорилось, универсальный источник энергии в любой клетке любого организма — это молекулы АТФ. Но чтобы тратить АТФ, её нужно сначала синтезировать за счёт энергии окисления пищевых или запасённых заранее органических молекул. При участии ферментов эти молекулы распадаются до более простых соединений; при этом высвобождается энергия, бóльшая часть которой запасается в виде АТФ. Далее энергия АТФ используется для различных нужд клетки, в том числе и для реакций биосинтеза. Совокупность реакций распада сложных органических веществ в организме, сопровождающихся выделением энергии, получила название ***диссимиляции*** или ***энергетического обмена***.

Энергетический обмен. Энергетический обмен проходит в три этапа (рис. 52).

Первый этап — подготовительный. В ходе этого этапа крупные полимерные молекулы под действием ферментов распадаются на фрагменты и мономеры. Например, белки — до аминокислот, крахмал — до глюкозы. Но на этом этапе энергия высвобождается и рассеивается в виде тепла, и АТФ не запасается.

Второй этап — неполное ферментативное окисление продуктов, полученных на первом этапе, прежде всего глюкозы, являющейся основным источником энергии в организме. У животных и некоторых микроорганизмов фермен-

тативное расщепление глюкозы называют **гликолизом.** При гликолизе из одной молекулы глюкозы образуются две молекулы трёхуглеродной пировиноградной кислоты ($C_3H_4O_3$), которая во многих клетках, например в мышечных, превращается в молочную кислоту ($C_3H_6O_3$), причём высвобождающейся при этом энергии достаточно для превращения двух молекул АДФ в две молекулы АТФ.

Суммарно гликолиз можно представить в виде уравнения

$$C_6H_{12}O_6 + 2H_3PO_4 + 2АДФ \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2АТФ + 2CO_2.$$

Гликолиз — сложный многоступенчатый процесс, протекающий в цитоплазме клеток, в котором участвует большое количество ферментов.

У многих грибов вместо гликолиза вторым этапом энергетического обмена является *спиртовое брожение:*

$$C_6H_{12}O_6 + 2H_3PO_4 + 2АДФ \rightarrow 2C_2H_5OH + 2АТФ + 2CO_2.$$

В спиртовое брожение вступают те же вещества, что и в гликолиз, но образуются этиловый спирт, CO_2 и две молекулы АТФ.

В ***третьем этапе энергетического обмена*** участвуют продукты, которые образовались на втором этапе и которые ещё можно окислить для получения энергии. На этом этапе роль окислителя выполняет кислород воздуха, получаемый в результате внешнего дыхания, а окисление молочной кислоты происходит до конечных продуктов: CO_2 и H_2O. АТФ на этом этапе образуется гораздо больше, чем на предыдущем. Если пересчитывать на одну молекулу глюкозы, вступившую в реакции второго этапа, суммарная реакция третьего этапа выглядит следующим образом:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 30H_3PO_4 + 30АДФ \rightarrow 6CO_2 + 42H_2O + 30АТФ.$$

Эффективность полного окисления глюкозы до углекислого газа и воды очень высока: около 55% освобождающейся энергии запасается в виде макроэргических связей в молекулах АТФ, а 45% рассеивается в виде тепла. Таким образом, коэффициент полезного действия этого процесса составляет 55%.

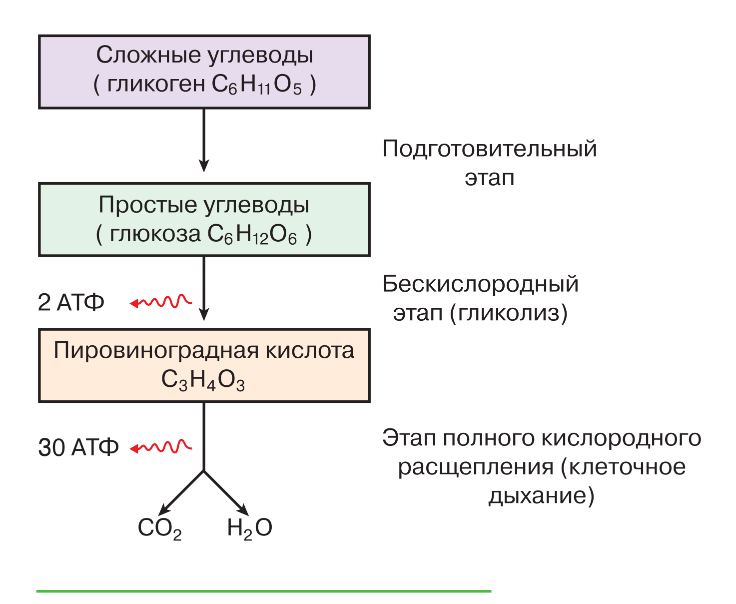


Рис. 52. Этапы энергетического обмена

Третий этап энергетического обмена называют также **клеточным дыханием**, поскольку в нём активно используется кислород воздуха. Реакции клеточного дыхания проходят в митохондриях. Для получения энергии в клетках, кроме глюкозы, могут быть использованы и другие вещества: липиды, белки. Однако ведущая роль в энергетическом обмене у большинства организмов принадлежит сахарам.

Итак, главным продуктом реакций энергетического обмена является АТФ — соединение, содержащее в своём составе две макроэргические связи. Энергия, запасённая в этих связях, необходима для обеспечения всех процессов жизнедеятельности клеток и организма в целом. Она тратится на процессы синтеза самых разных органических веществ, на осуществление различных видов движения, переноса через биологические мембраны ионов и других веществ, на процессы секреции и т. д. Таким образом, АТФ является «универсальной энергетической валютой» клеток — веществом, обеспечивающим связь между процессами диссимиляции (энергетического обмена) и ассимиляции (пластического обмена).



Запомнить: диссимиляция; гликолиз; клеточное дыхание.

ВЫВОДЫ

Энергетический обмен в клетке происходит в три этапа: подготовительный, ферментативный и клеточное дыхание. В результате в клетках запасается универсальный источник энергии — АТФ.

Думай, делай вывод, действуй

Проверь свои знания

1. Какова роль энергетического обмена в жизни организма?
2. Какое место в обмене веществ занимает АТФ?
3. Какой этап энергетического обмена называют клеточным дыханием?

Выполни задания

Перечислите и охарактеризуйте этапы энергетического обмена.

Обсуди с товарищами

Что такое АТФ и какова её роль в организме? Верно ли определение АТФ как «универсальной энергетической валюты»?

Выскажи мнение

Почему, по вашему мнению, митохондрии называют энергетическими станциями клетки?

Работа с моделями, схемами, таблицами

Составьте схему «Этапы энергетического обмена».

Для любознательных

Это интересно

- Наиболее древние организмы на Земле, зародившиеся в те эпохи, когда зелёных растений ещё не было и атмосфера была бескислородной, называют *анаэробами*. Сейчас на нашей планете осталось не так много видов анаэробов: это некоторые микроорганизмы и некоторые паразитические макроорганизмы (например, взрослые аскариды или цепни).
- Важно понимать, что независимо от способа питания основным источником энергии на Земле является излучение Солнца.

§ 15. ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ

- Как осуществляется транспорт веществ у растений и животных?
- Какова роль транспорта веществ в организме?



Для того чтобы любой организм мог успешно поддерживать свои жизненные функции, необходимо непрерывное перемещение веществ в клетке, между различными клетками, тканями и органами.

Даже у одноклеточного организма, например инфузории туфельки, *пищеварительная вакуоль* с пойманной добычей проходит определённый путь в цитоплазме, чтобы пища могла перевариться за счёт ферментов лизосом, а уже затем всосаться в цитоплазму. Непереваренные остатки после этого выбрасываются в окружающую среду в определённом месте клетки — через **порошицу**. В это же время две *сократительные вакуоли*, сокращаясь с большой частотой, непрерывно удаляют из клетки продукты обмена и излишки воды. В ходе фагоцитоза благодаря движению цитоплазмы образуется пищеварительная вакуоль у амёбы (рис. 53). Таким образом, даже в одноклеточном организме существуют хорошо развитые транспортные системы, основанные на токах цитоплазмы. В многоклеточных организмах транспортные системы гораздо сложнее.

В таблице на с. 62 перечислены основные транспортные системы организмов. И у растений, и у животных транспорт осуществляется по сосудистым



Рис. 53. Образование пищеварительной вакуоли у амёбы

Основные транспортные системы растений и животных

Системы	Транспортируемые объекты
Растения	
Проводящая ткань ксилема (древесина)	Вода и минеральные соли
Проводящая ткань флоэма (луб)	Органические вещества, например сахара
Животные	
Пищеварительная система	Пища и вода
Дыхательная система	Воздух или вода
Кровеносная система	Все вещества и клетки, содержащиеся в крови
Лимфатическая система	Все вещества и клетки, содержащиеся в лимфе

системам, представляющим собой трубки, заполненные жидкостью или газом. И у растений, и у животных на перемещение веществ по организму тратится энергия. У растений растворы солей, поглощённые корневыми волосками из почвы, поднимаются вверх по стеблю по сосудам **ксилемы** до устьиц листьев, через которые происходит транспирация (испарение воды). А раствор органических веществ, главным образом сахаров, из листьев спускается по стеблю к месту использования или запасания по ситовидным трубкам **флоэмы** (рис. 54).

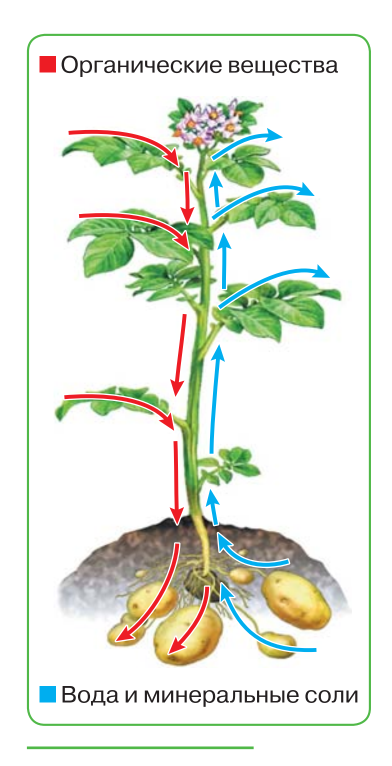


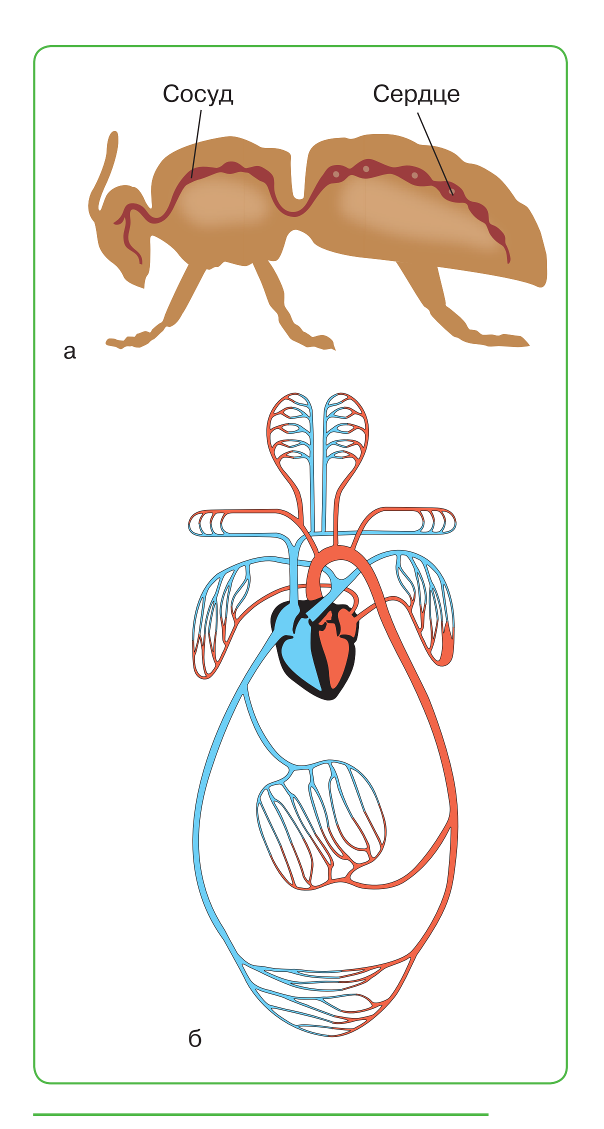
Рис. 54. Транспорт веществ в растении

У животных транспортные системы сложнее и разнообразнее, чем у растений. У наиболее простых и небольших по размеру животных, например кишечнополостных и плоских червей, вовсе нет специальных транспортных систем. Но по мере усложнения организации животных и увеличения расстояний, которые поступающие в организм и выводимые из организма вещества должны преодолеть, возникают специальные системы для их транспортировки: кровеносная и лимфатическая.

Кровеносная система (рис. 55) может быть как *незамкнутой* — кровь из сосудов выливается в полость тела (членистоногие, моллюски), так и *замкнутой* (кольчатые черви, хордовые).

У человека кровь приносит во все органы и ткани кислород, питательные вещества, гормоны, а выносит углекислый газ, избыток воды, некоторые соли. Лимфа выносит из тканей избыток воды. Кислород воздуха попадает в кровь, связываясь в крови лёгочных капилляров с переносчиком — гемоглобином. А в лёгкие воздух попадает по транспортным воздухоносным путям (рис. 56). Земноводные, образ жизни которых вполне соответствует их названию, развиваются в воде, и лёгкие у них развиты очень слабо, а потому дыхание в основном осуществляется через кожу. Лягушка, уснув зимой где-то под коря-

гой, дышит только через кожу. У птиц, которые во время полёта потребляют очень много кислорода, даже развились особые приспособления — *воздушные мешки*, позволяющие пропускать через лёгкие и на вдохе, и на выдохе богатый кислородом атмосферный воздух. У насекомых и некоторых других членистоногих животных воздухоносная система достигла своего совершенства: тончайшие трубочки, называемые **трахеями**, пронизывают всё тело животных, принося воздух практически к каждой клетке. Однако трахейная воздухоносная система эффективна только у небольших по размеру животных, так как по тончайшим воздухоносным трубочкам воздух не может проникать вглубь



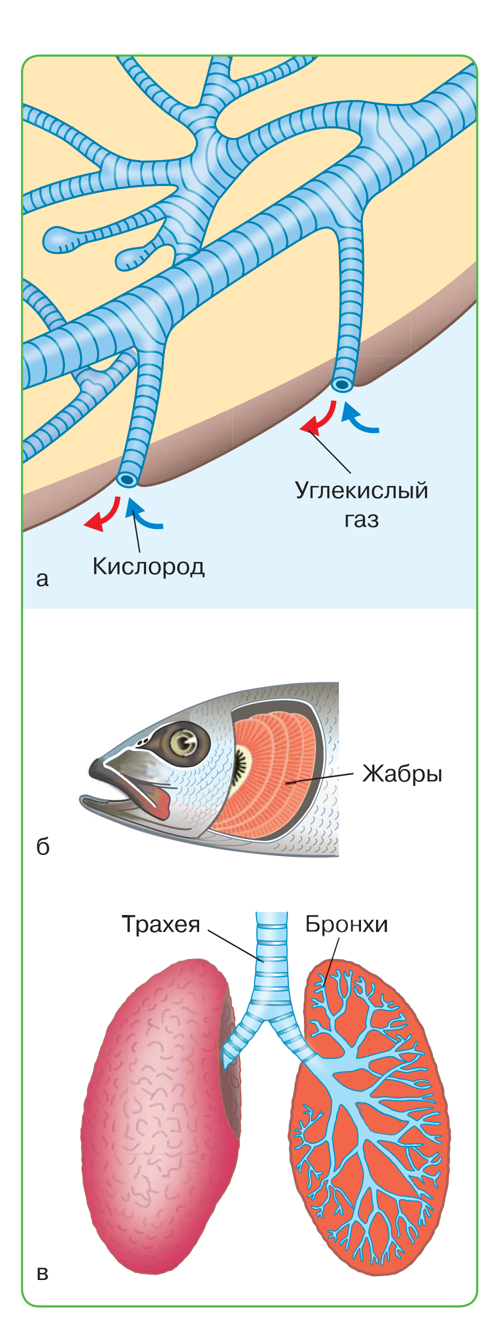


Рис. 55. Кровеносные системы: *а* — членистоногих; *б* — млекопитающих

Рис. 56. Дыхательная система: *а* — трахеи насекомых; *б* — жабры рыб; *в* — лёгкие млекопитающих

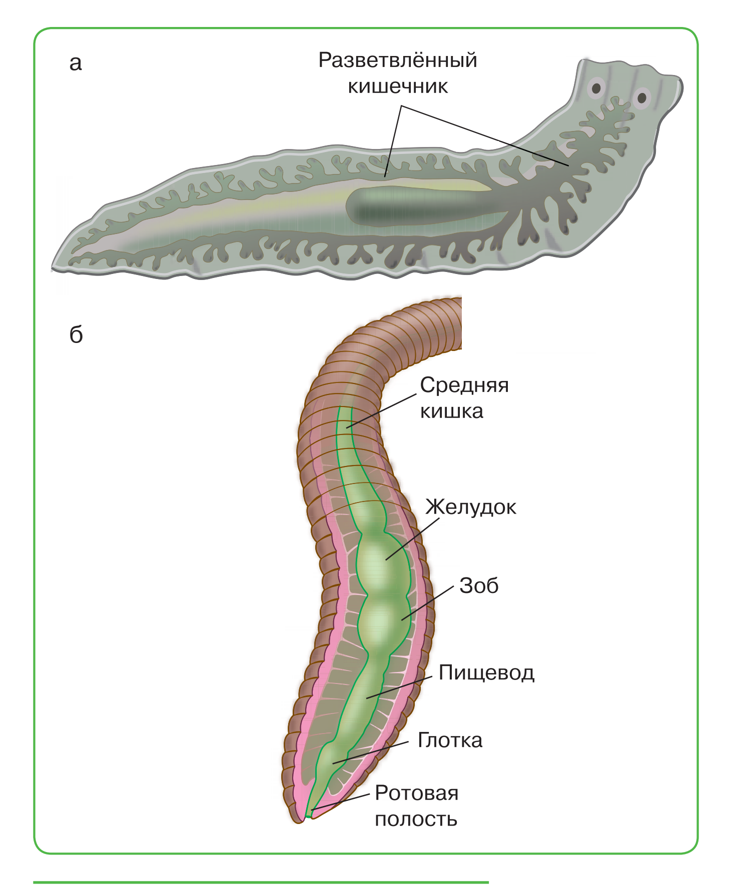


Рис. 57. Пищеварительная система: *а* — планарии; *б* — дождевого червя

тканей на большие расстояния.

Ещё один вариант получения кислорода из внешней среды — *жаберное дыхание*. Жабры характерны и для беспозвоночных (ракообразные, моллюски), и для хордовых (ланцетник, рыбы) животных. Омывая жабры, вода отдаёт в кровь кислород, а взамен принимает углекислый газ, после чего выносит его из организма.

Все живые существа нуждаются в пище. Но, как уже говорилось, растениям для питания нужны CO_2 и H_2O, из которых за счёт энергии света они способны синтезировать сахара. Животные нуждаются в готовых органических веществах, которые чаще всего ещё приходится переваривать, а уж потом всасывать. Поэтому у подавляющего числа животных есть пищеварительная система, по которой пища транспортируется от места поглощения к месту потребления пищевых веществ или всасывания их в кровь (рис. 57). По мере прохождения по отделам пищеварительного тракта пища подвергается физической и химической обработке и её фрагменты всасываются в кровь для транспортировки по всему организму. А вот у пауков и некоторых других животных пищеварение происходит не в желудочно-кишечном тракте, а прямо в организме жертвы, затем уже жидкую полупереваренную пищу паук всасывает.



Запомнить: порошица; кровеносная система; ксилема, флоэма; трахеи.

ВЫВОДЫ

Для поддержания жизненных функций в организме должно происходить активное перемещение веществ между клетками, тканями и органами. Основные транспортные системы растений — ксилема и флоэма, животных — пищеварительная, дыхательная, кровеносная и лимфатическая системы.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Каково значение транспорта веществ в организме?
2. С какой целью происходит движение цитоплазмы в клетках?
3. По каким частям стебля растения передвигаются растворы солей и органических веществ?
4. Каковы функции трахейной системы насекомых?
5. Каковы функции кровеносной и лимфатической систем?

Выполни задание

Объясните, какие механизмы обеспечивают транспорт веществ у растений и животных.

Обсуди с товарищами

1. Как развивалась в ходе эволюции кровеносная система животных?
2. Какие органы дыхания встречаются у животных?

Выскажи мнение

Какую функцию выполняет пищеварительная система помимо транспортировки веществ?

§ 16. Удаление из организма конечных продуктов обмена веществ

- • Какие вещества являются конечными продуктами обмена веществ?
- •• Какие механизмы позволяют организмам избавляться от конечных продуктов распада?

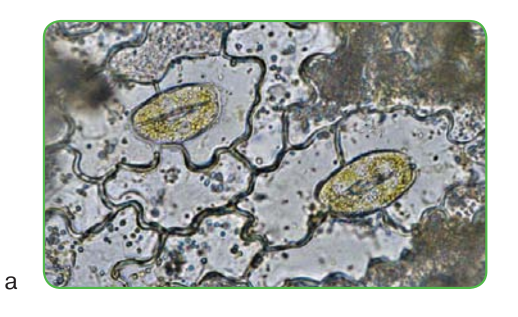


В ходе различных обменных реакций образуются отходы, которые необходимо удалять из организма. К таким продуктам относятся углекислый газ, мочевина, аммиак, мочевая кислота. Все эти вещества в случае накопления их в организме нарушали бы его жизнедеятельность. Поэтому в ходе эволюции выработался целый ряд приспособлений, поддерживающих постоянство внутренней среды организма путём удаления из него бесполезных или даже вредных метаболитов.

Выделение у растений. Растения выделяют избыток воды с растворёнными в ней метаболитами через устьица и чечевички (рис. 58). Наземные растения накапливают ненужные им метаболиты (соли, органические кислоты) в листьях и избавляются от них в результате листопада.

Выделение у животных. ***Простейшие*** выделяют продукты обмена через стенки клетки в окружающую воду (рис. 59). Часть метаболитов выбрасывается из клетки с излишками воды через сократительные вакуоли.

У многоклеточных организмов первые специализированные органы выделения появились у ***плоских червей***: это особые крупные клетки с канальцами — **протонефридии**. Через протонефридии главным образом выводятся излишки воды (рис. 60).



а



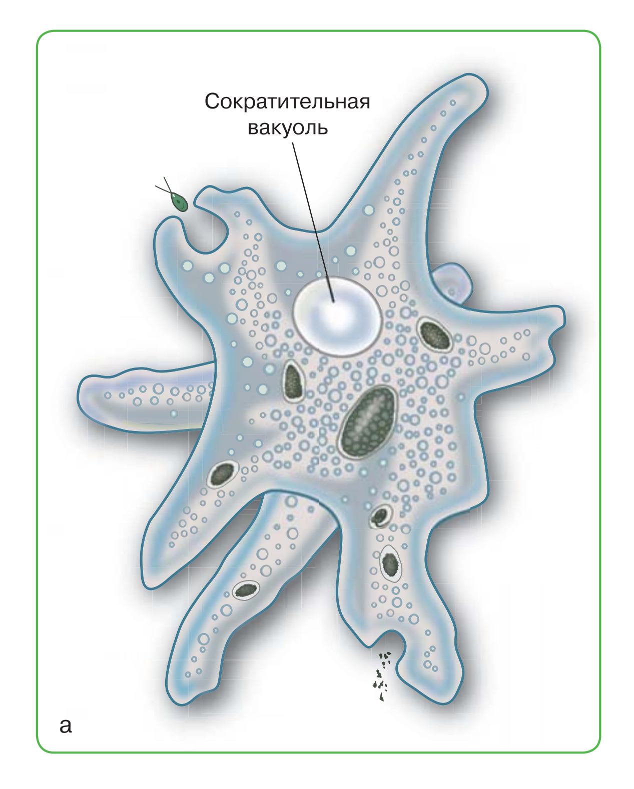
б

Рис. 58. Выделение у растений: а — устьица; б — чечевички

У кольчатых червей в каждом сегменте тела расположены два выделительных органа — **метанефридия**. Их внутренние части напоминают воронки, через которые собираются и затем выводятся наружу продукты метаболизма.

У ракообразных органы выделения — **зелёные железы** — это особые образования (видоизменённые метанефридии), расположенные у основания антенн и выносящие мочу из полости тела.

Выделительные органы насекомых и пауков — *мальпигиевы сосуды*. Они представляют собой открывающиеся в пищеварительный тракт трубочки, куда и происходит выброс продуктов обмена (рис. 61). Мальпигиевы сосуды позволяют экономить воду. Кроме того, у многих насекомых (майский жук) есть



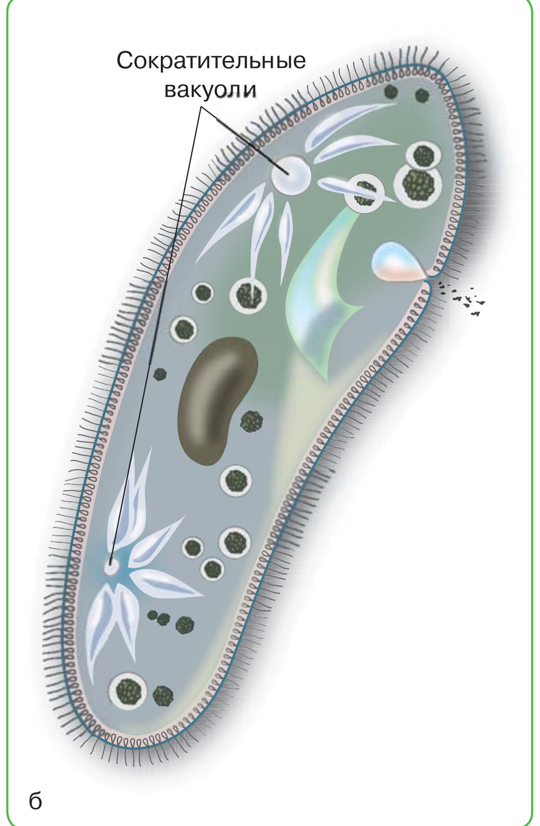


Рис. 59. Сократительные вакуоли у амёбы (*а*) и инфузории туфельки (*б*)

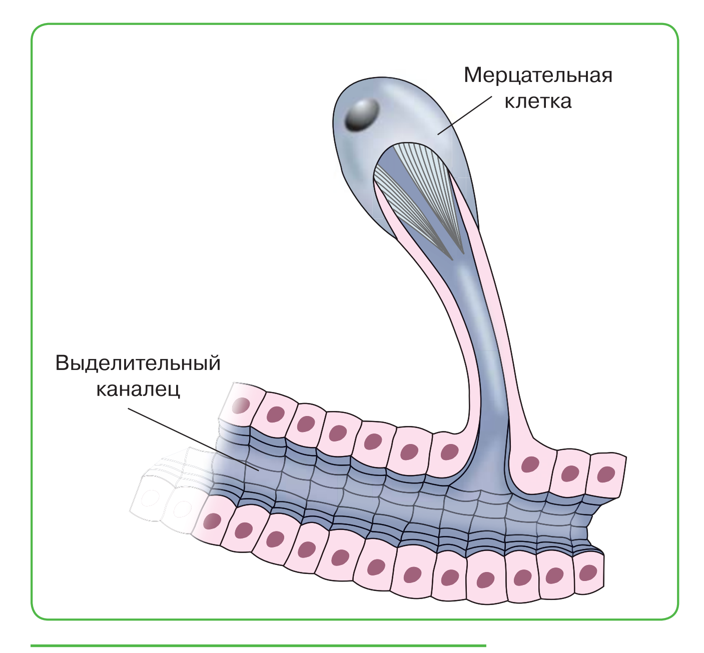


Рис. 60. Протонефридии плоских червей

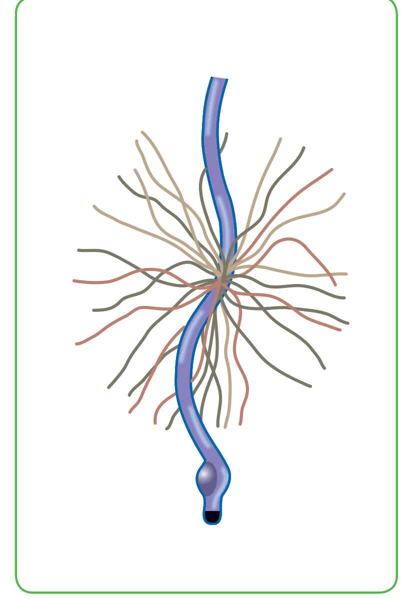


Рис. 61. Выделительные трубочки жука

«почки накопления» — **жировое тело**, в котором откладываются кристаллы мочевой кислоты.

Почки позвоночных животных образованы **нефронами**, позволяющими удалять из крови продукты обмена. Но у морских позвоночных животных есть особые приспособления для удаления излишков соли, попадающей в их организм с морской водой. Костные рыбы удаляют соль через специальные железы в жабрах, морские черепахи и чайки — с помощью желёз, открывающихся в носовую полость.

У ***птиц***, ***рептилий*** и ***млекопитающих*** нефроны имеют очень длинные извитые канальцы с петлёй, в которой и происходит обратное всасывание воды и некоторых полезных продуктов. Это позволило обладателям таких нефронов успешно приспособиться к жизни на суше, не боясь больших потерь воды с мочой. Кроме того, рептилии сохраняют воду благодаря сухой ороговевшей коже, в которой нет желёз.

Запомнить: протонефридии, метанефридии, зелёные железы, жировое тело, почки, нефроны.



ВЫВОДЫ

Для нормальной жизнедеятельности необходимо удалять из организма конечные продукты обмена веществ: мочевину, воду, углекислый газ и др. Растения большинство метаболитов удаляют через листья, животные — через почки, лёгкие, а многие млекопитающие — ещё и через кожу, с потом.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Почему организм должен обязательно избавляться от продуктов распада?
2. Как осуществляется выведение конечных продуктов обмена веществ у простейших?
3. Какую функцию у растений выполняют устьица?

Выполни задание

Перечислите органы человека, относящиеся к системе выделения из организма продуктов распада.

Работа с моделями, схемами, таблицами

Заполните таблицу «Выделительные системы у разных систематических групп животных»:

Систематическая группа	Название выделительных органов, систем

§ 17. Опора и движение организмов



- Что выполняет опорную функцию у растений и животных?
- Каковы способы движения растений и животных?

Движение — одно из свойств живых организмов. При движении может перемещаться какая-то часть организма: лист, конечность, а может и весь организм перемещаться в пространстве.

Но для того чтобы двигаться, необходимо, чтобы в организме существовали хорошо развитые опорные структуры. Казалось бы, амёба вообще не в состоянии поддерживать постоянную форму тела. Однако это не так. Цитоплазма амёбы пронизана белками и структурами цитоскелета, которые помогают ей образовывать ложноножки.

Опора и движение растений. У растений механические ткани стали усиленно развиваться по мере выхода их на сушу в конце силурского периода палеозойской эры, т. е. более 400 млн лет тому назад. Ведь в воде механические нагрузки на организм значительно меньше, чем на суше.

У современных высших растений опорную функцию выполняет целый ряд тканей, входящих в состав коры, древесины, сердцевины: паренхима, колленхима, склеренхима. Растения не способны к активным перемещениям, т. е. не могут переходить с одного места на другое, хотя и обладают *раздражимостью* — способностью реагировать на внешние раздражители. Сигналы, вызывающие ответные реакции у растений, — это изменение освещённости, понижение или повышение температуры, перемены в химическом составе почвы, атмосферы, воды. Некоторые растения реагируют даже на прикосновения. Венерина мухоловка, жи-

вущая на болотах и испытывающая нехватку азота, научилась добывать азот, захватывая липкими листьями насекомых, которых она затем переваривает (рис. 62). Но обычно растения реагируют на изменения окружающей среды либо движением цитоплазмы в клетках, либо изменением скорости роста.



Рис. 62. Реакции растений (венерина мухоловка)

Примером движения растений могут служить ***настии*** — движения органов растений, обусловленные особенностями самого растения, обычно в ответ на ненаправленное воздействие раздражителя: света, температуры, прикосновения. Например, при более быстром росте верхней стороны листа он изгибается книзу, а при более быстром росте нижней стороны листа — кверху. Настии могут осуществляться и за счёт изменения тургорного давления в клетках органов растений (рис. 63).

Другой вид движения растений — ***тропизмы***, представляющие собой направленные ростовые движения, вызванные односторонним воздействием какого-либо фактора (земного притяжения, света, химического фактора). Тропизмы могут быть *положительными* — движения в сторону раздражителя и *отрицательными* — движения в противоположную от раздражителя сторону. Наиболее часто встречающиеся тропизмы — это *фототропизм* у побегов, *геотропизм* у корней, *хемотропизм* у корней (в сторону бóльших концентраций питательных веществ в почве).

Помимо настий и тропизмов, которые являются примером активных движений растений, существуют ещё и пассивные движения. Они связаны с резким изменением напряжения тканей растений в результате, например, прикосновения (или порыва ветра). Зрелый бешеный огурец при прикосновении выбрасывает свои семена, так же внезапно раскрывается для раскидывания семян боб у акации.

Опорные системы животных. Животные в не меньшей степени, чем растения, нуждаются в опорных системах, тем более что большинство животных активно двигается: бегает, плавает, летает. Опорную функцию у животных выполняет ***скелет***.

Устройство скелета может сильно различаться. У простейших тело представлено всего одной клеткой, но и в ней имеется специальный опорный элемент — ***цитоскелет***, построенный из мельчайших белковых трубочек. Такой скелет помогает простейшим двигаться и поддерживать форму тела.

Для мягкотелых животных характерен ***гидростатический скелет***. У таких животных, как, например, дождевой червь, давление жидкости, заполняющей полость

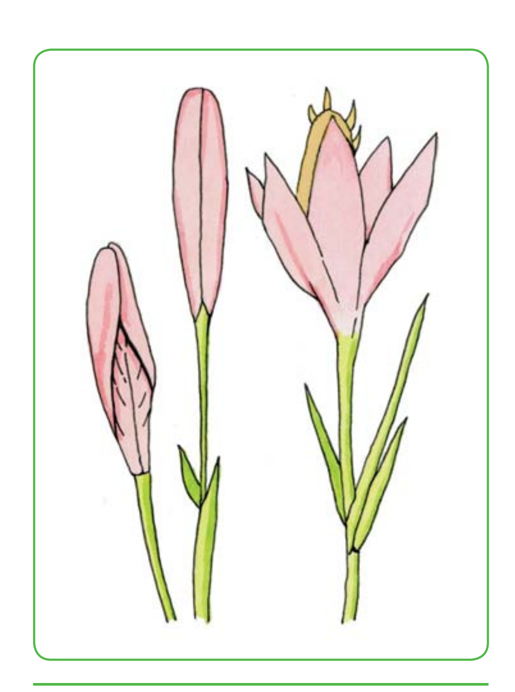


Рис. 63. Движение лепестков крокуса

тела, заставляет сокращаться мышечные стенки полости, которые обеспечивают и опору, и движение червя.

Внешний скелет — это особенность членистоногих, коралловых полипов, большинства моллюсков, а также некоторых иглокожих (рис. 64). Например, у ракообразных скелет состоит из соединённых между собой пластин **хитина** — лёгкого и прочного вещества, выделяемого кожными покровами. Рост организма, заключённого во внешний скелет, происходит при **линьках**: в определённое время старый хитиновый панцирь сбрасывается и формируется новый — мягкий и растяжимый. До того как новый внешний скелет не затвердеет, животное не может нормально двигаться. Для таких небольших животных, как членистоногие, хитиновый внешний скелет очень удобен, но для крупных животных бы он мешал росту и, будучи слишком тяжёлым и громоздким, препятствовал нормальному движению.

Внутренний скелет характерен, главным образом, для позвоночных животных (рис. 65), хотя элементы внутреннего хрящевого скелета встречаются и у головоногих моллюсков. Внутренний скелет образован *костной тканью* и *хрящом*. Снаружи от него находятся *скелетные мышцы*. Внутренний скелет растёт вместе со всем организмом. Части скелета соединены *суставами*, обеспечивая ему прекрасную подвижность в любой среде обитания.

Движение животных. Животные смогли освоить активные движения во всех средах: они плавают, летают, перемещаются по суше несколькими способами (рис. 66, 67).

В воде животные перемещаются при помощи различных приспособлений. Это и жгутики некоторых простейших, и реснички инфузорий, и плавники рыб, и ласты черепах, и крылья пингвинов, и лапы водоплавающих птиц. Многие животные плавают, изгибая всё тело (большинство рыб, хвостатые земноводные). Реактивным способом плавают медузы и головоногие моллюски. Так, глубоководные кальмары, выбрасывая струю воды из мантийной полости через специальную воронку, развивают скорость более 70 км/ч (рис. 68).

Летающих животных также очень много. Так, прекрасно летают большинство насекомых. От них не отстают и птицы, освоившие разные способы полёта. Одни из них не могут долго держаться в воздухе, а другие парят над водой многими часами. Полярные крачки, например, в год пролетают над океаном около 50 тыс. км. Освоились в воздушной среде и представители



а



б

Рис. 64. Внешний скелет: *а* — рака; *б* — улитки

Верхние дуги
Позвоночник
Жаберная крышка
Черепная коробка
Жаберные дуги
Рёбра
а

Череп
Позвоночник
Скелет передней конечности
Скелет задней конечности
б

Рис. 65. Внутренний скелет: *а* — рыбы; *б* — лягушки

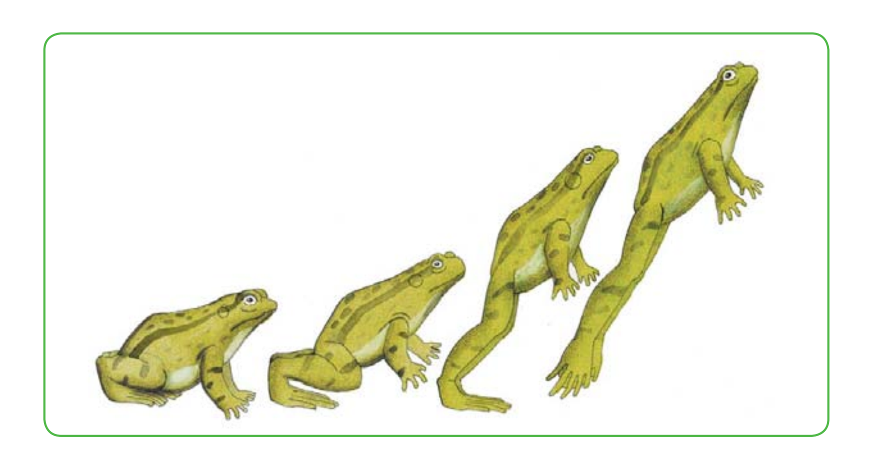


Рис. 66. Прыгающая лягушка

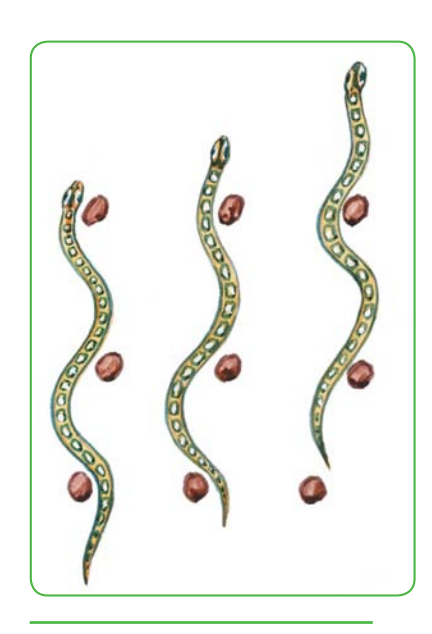


Рис. 67. Способы движения змеи

других классов позвоночных животных: неплохо летают летучие мыши, научились планировать летучие рыбы, ящерицы, белки-летяги, некоторые лягушки. Немало ***способов передвижения животных по твёрдым поверхностям***. К ним относят *ходьбу*, *бег*, *прыжки*, *ползание*, *лазание*. Мелкие членистоногие могут скользить по водяной глади как по льду, например клоп-водомерка. Моллюски чаще ползают по поверхности (вспомните улиток!), но в сложных жизненных обстоятельствах некоторые из них способны даже прыгать. С очень большой скоростью передвигаются по твёрдым поверхностям некоторые насекомые: жуки, тараканы.

Наибольшее число способов движения по суше имеется у позвоночных. Лягушки прыгают; жабы и змеи ползают; некоторые ящерицы даже могут бегать на задних конечностях. Безусловно, самые лучшие бегуны среди позвоночных — млекопитающие. Подавляющее большинство млекопитающих активно перемещается по земной поверхности или по наземной растительности. Но китообразные и ластоногие — вторичноводные животные, способны плавать не хуже рыб. Те же млекопитающие, которые живут на суше, смогли освоить даже несколько способов передвижения и могут ходить шагом, бежать рысью, скакать галопом.

Усовершенствование способов движения потребовало многих эволюционных изменений. Совершенствовались двигательный аппарат, т. е. скелет и мышцы, а также органы чувств, нервная система. Прекрасный опорно-двигательный аппарат и большое разнообразие способов передвижения способствовали успешному освоению животными всех сред обитания нашей планеты: суши, воды и атмосферы.



Рис. 68. Движения осьминога в воде

Запомнить: раздражимость; настии, тропизм; хитин; линька; внешний и внутренний скелет.



ВЫВОДЫ

Движение — одно из свойств живых организмов. Растения не могут активно перемещаться, но способны к активным движениям: медленным (ростовым) — настии и тропизмы и быстрым (сократительным). Животные освоили активные движения во всех средах: плавают, летают, бегают.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что выполняет опорную функцию у простейших?
2. Какие ткани растений выполняют опорную функцию?
3. Какие виды движений способны осуществлять растения?
4. Чем внешний скелет животных отличается от внутреннего?
5. Какова роль движений в жизни животных?
6. Почему китообразных и ластоногих называют вторичноводными животными?

Выполни задание

Перечислите способы движения животных, приведите примеры.

Обсуди с товарищами

1. Развитие и усовершенствование способов движения животных потребовало многих эволюционных изменений. Каких именно?
2. Что, по вашему мнению, позволило животным освоить все среды обитания нашей планеты?

Работа с текстом

Придумайте вопросы к отдельным смысловым единицам (пунктам) параграфа.

§ 18. РЕГУЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ У РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЗМОВ

- • Как шло совершенствование нервной системы животных в процессе эволюции?
- •• В чём различие между регуляцией функций у растений и животных?



Способностью поддерживать относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды — ***гомеостазом*** обладают все живые организмы, иначе они не смогли бы выжить в непрерывно меняющейся обстановке. Даже относительно простым организмам, таким, как простейшие или бактерии (хотя на самом деле они намного сложнее любого искусственного

устройства, созданного человеком), необходимо одновременно решать множество сложнейших задач: надо выжить при высыхании любимой лужи, надо найти пищу, надо спастись от хищной инфузории... а тут наступило время делиться.

У одноклеточных существ нет и не может быть нервной системы, однако раздражимость у них развита хорошо, а потому они способны реагировать на изменения в окружающей их среде.

Регуляция функций у растений. Растениям, как и любым другим существам, внутренняя координация жизненных функций необходима для того, чтобы процессы размножения, развития и роста осуществлялись упорядоченно и растение функционировало как единое целое. Но у растений, так же как и у грибов, нет нервной системы, и объединить множество клеток можно лишь управляющими химическими веществами. Такая химическая регуляция называется ***гуморальной***, а вещества — регуляторы растений — *ростовыми веществами* или *фитогормонами*. Реакция растений на внешние раздражители проявляется сравнительно медленно и чаще всего выражается в настиях и тропизмах (см. § 17).

Известно несколько классов фитогормонов, которые, вырабатываясь в различных частях растений, распространяются по их проводящим системам — флоэме и ксилеме.

Ауксины. Изучая явление фототропизма, Чарлз Дарвин и его сын Френсис предположили, что освещаемые клетки верхушки проростка овса выделяют какие-то вещества, которые заставляют клетки зоны роста делиться таким образом, что рост растения происходит в направлении источника света. Если эти клетки верхушки удалить или перекрыть доступ к ним света, то и фототропизм не проявится. Позднее, в 1931 г., *Фриц Вент* выделил данное вещество и назвал его *ауксином* (от греч. *auxs* — увеличивать, выращивать). Затем была обнаружена целая группа похожих регуляторов, ускоряющих рост и растяжение различных частей растений. Ауксины непрерывно вырабатываются в верхушке побега, корня и в молодых листьях, стимулируя их рост и созревание плодов.

Гиббереллины. В начале прошлого века японские учёные исследовали болезнь риса, вызываемую определённым видом гриба. Им удалось получить экстракт гриба, вызывающий симптомы болезни у растений. Этот экстракт содержал целый набор веществ, названных *гиббереллинами*. Они содержатся не только в грибах, но и в молодых, активно растущих частях растений, заставляют прорастать покоящиеся семена и почки. Под действием гиббереллинов можно превратить низкорослое растение фасоли в подобие лианы и собрать большой урожай.

Ауксины, гиббереллины и некоторые другие фитогормоны применяются в агропромышленном производстве. Их используют для стимуляции завязки плодов у томатов, инжира, перца, винограда и ускорения развития корневых систем при вегетативном размножении стеблевыми черенками.

Цитокинины. Это представители ещё одной группы ростовых веществ, стимулирующие деление клеток, продлевающие срок хранения свежих листовых овощей (салат, капуста) и сорванных цветов.

Но для любой нормальной регуляции нужны вещества, не только ускоряющие процессы, но и способные их подавлять. Нашлись такие вещества и у растений. В середине XX в. английские учёные поместили берёзу в условия приближающейся зимы. Из листьев такой берёзы получили экстракт, тормо-

зивший активность её почек. Позднее похожие вещества в сходных условиях обнаружили и у других растений. Они получили название ***абсцизовая кислота***. Эта кислота является природным антагонистом всех трёх классов растительных стимуляторов — ауксинов, гиббереллинов и цитокининов — и может в больших дозах полностью останавливать рост растений.

Регуляция функций у животных. У животных в связи с их активным образом жизни невозможно ограничиться надёжной, но происходящей довольно медленно химической регуляцией при помощи гормонов. Поэтому у них в процессе эволюции к химической регуляции добавилась нервная, и сформировались *две тесно взаимосвязанные регуляторные системы* — ***эндокринная*** и ***нервная***.

Основой нервной системы являются нервные клетки, или *нейроны*, которые способны воспринимать внешние раздражители и при помощи коротких электрических сигналов, называемых *импульсами*, передавать информацию в нервные центры для анализа. На основе этого анализа другие нейроны посылают электрические импульсы или к мышцам, или к внутренним органам для обеспечения наиболее адекватной реакции всего организма или какой-то его части на внешний раздражитель. Этим реагирующим внутренним органом может быть и железа внутренней секреции, выделяющая гормон в ответ на сигнал из центральной нервной системы. Таким образом, нервная система первой реагирует на внешние раздражители быстрыми и точными, но чаще кратковременными изменениями в состоянии организма животного. А эндокринная (гормональная) система регуляции запускается нервной системой для того, чтобы обеспечить хоть и более медленный, но зато долговременный ответ всего организма, например рост животного или процессы полового созревания.

У животных гормональная и нервная системы развивались параллельно, взаимодействуя друг с другом, а у растений сложилась лишь система химической регуляции жизнедеятельности. Учёные полагают, что наличие у животных нервной системы связано с тем, что они должны добывать пищу, а для этого необходимы устойчивая опорно-двигательная система, развитые органы чувств и, главное, надёжная и быстрореагирующая система управления организмом, т. е. нервная система.

У простейших, естественно, не может быть нервной системы, ведь весь их организм — одна-единственная клетка, но даже у них для обеспечения правильной реакции на внешнее воздействие развиваются предшественники органов чувств, например светочувствительный глазок у эвглены или предшественники мышц — мионемы у инфузорий.

Наверное, одна из самых простых нервных систем появляется у кишечнополостных. Так, у гидры разбросанные по всему телу нервные клетки соприкасаются своими отростками, образуя простейшую сетчатую нервную систему, лишённую скоплений клеток, т. е. нервных узлов. Но и такая нервная система позволяет гидре ловить добычу и защищаться от врагов (рис. 69). Однако такое строение нервной системы может обеспечить потребности лишь малоподвижных животных. У активно двигающихся кишечнополостных, например медуз, появляются нервные узлы, светочувствительные глазки и органы равновесия. Всё это позволяет им прекрасно двигаться, охотиться, «предчувствовать» изменения погоды — улавливать быстро распространяющиеся в воде колебания от приближающегося шторма и уходить на глубину.

Таким образом, уже начиная с самых древних многоклеточных существ эволюция пошла по пути усложнения нервной системы с помощью формирования

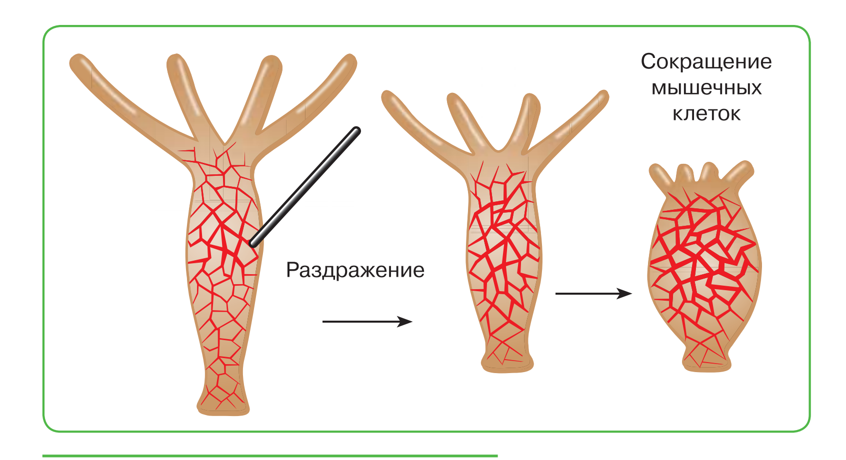


Рис. 69. Схема строения нервной системы гидры и ответная реакция на раздражение

скоплений нервных клеток — нервных узлов, а в дальнейшем — и головного мозга.

У беспозвоночных животных нервная система *узлового типа*. Например, очень хорошо развита нервная система и органы чувств у насекомых (рис. 70). А у представителей головоногих моллюсков (кальмаров и осьминогов) крупные нервные узлы сближены и защищены от повреждений специальной хрящевой капсулой, выполняющей роль черепа.

Начало нервной системе хордовых положила **нервная трубка** ланцетника, располагавшаяся на спинной стороне тела над хордой. В процессе эволюции из переднего конца этой трубки сформировались отделы головного мозга, а из остальной её части — спинной мозг (рис. 71).

В ряду позвоночных, от рыб и до млекопитающих, головной мозг становится всё крупнее, а функции его всё усложняются. В первую очередь совершенствуются те отделы мозга, которые обрабатывают информацию, поступающую от органов чувств, в противном случае мозг не смог бы обеспечивать адекватность реакций. И конечно, развиваются двигательные центры различных отделов мозга, отвечающие за быстроту и скоординированность движений, без чего не поймать добычу и не спастись от врага. Эти эволюционные процессы у позвоночных сопровождались усиленным развитием самого молодого отдела головного мозга — коры больших полушарий, которая достигает

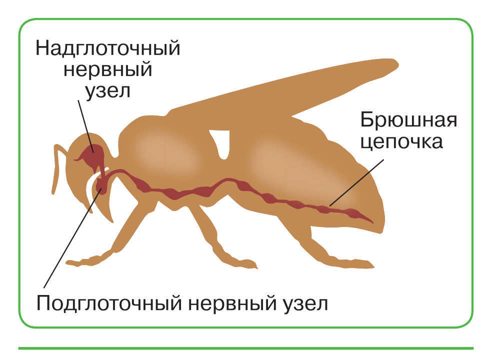


Рис. 70. Нервная система насекомого

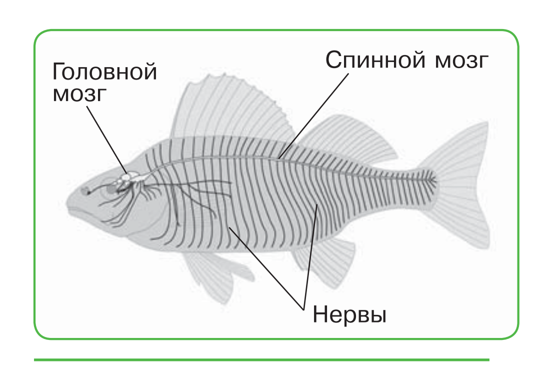


Рис. 71. Нервная система рыбы

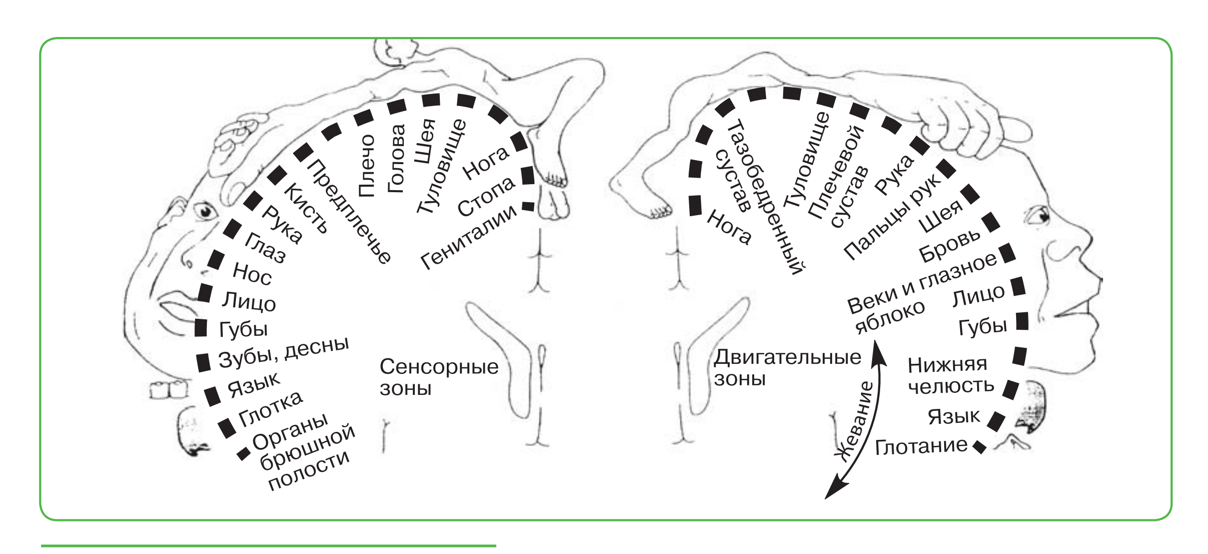


Рис. 72. Карта соматосенсорной и двигательной коры больших полушарий головного мозга

наибольшего объёма у млекопитающих. В теменном отделе коры имеется обширная зона, куда поступает информация от рецепторов кожи, суставов, костей, мышц. Именно здесь создаётся полная картина о положении тела и его частей в пространстве. Эту зону называют *соматосенсорной корой*. А непосредственно впереди неё располагается *двигательная кора*, нейроны которой посылают управляющие сигналы ко всем частям тела, способным совершать произвольные движения (рис. 72). Таким образом, эволюция создала в коре две «карты» человеческого тела для управления движением: чувствительную и двигательную.

Запомнить: гомеостаз; ростовые вещества, фитогормоны, ауксины, гиббереллины; нервная система, нервная трубка.



ВЫВОДЫ

Для существования любым живым организмам необходима точная координация жизненных функций. У растений регуляция осуществляется с помощью химических веществ — фитогормонов. У животных в связи с активным образом жизни появились две взаимосвязанные регуляторные системы: быстрореагирующая нервная система и обеспечивающая более медленный, но долговременный ответ всего организма эндокринная система.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Какова роль регуляции функций в жизни организма?
2. Как осуществляется регуляция функций у растений?
3. Что такое ростовые вещества?

4. Как осуществляется регуляция функций у простейших организмов?
5. Каковы особенности нервной регуляции?
6. Чем гуморальная регуляция отличается от нервной регуляции функций организма?

Выполни задание

Перечислите основные ростовые вещества, охарактеризуйте их.

Обсуди с товарищами

Каковы причины появления в процессе эволюции нервной системы у животных?

Выскажи мнение

Какая регуляторная система, по вашему мнению, «командует парадом» в организме животных? Ответ аргументируйте.

Работа с моделями, схемами, таблицами

Заполните таблицу «Нервная система у разных систематических групп животных»:

Систематическая группа	Особенности строения нервной системы

§ 19. Бесполое размножение



- В чём суть бесполого размножения?
- Какие формы бесполого размножения существуют?

Размножение — это один из главных признаков, отличающих живые существа. Выделяют два способа размножения: *бесполое* и *половое*.

При бесполом способе размножения половой процесс отсутствует, и число особей возрастает за счёт деления одной или нескольких клеток родительского тела. Образующиеся при этом дочерние особи схожи с родительскими, являясь их **клонами**. В природе существует несколько форм бесполого размножения.

У бактерий единственная кольцевая ДНК удваивается, клетка удлиняется и между двумя молекулами ДНК образуется перегородка — получаются две клетки (рис. 73). В идеальных условиях бактерия может делиться каждые 20 минут, но таких условий в природе обычно не бывает.

Многие простейшие и одноклеточные водоросли способны делиться митозом (амёбы, эвглена зелёная, хламидомонада), образуя две клетки из одной.

Ещё одна форма бесполого размножения — **почкование**. При почковании одна или несколько клеток тела родителя начинают делиться, и на родительской особи формируется дочерняя особь, которая затем отделяется от мате-

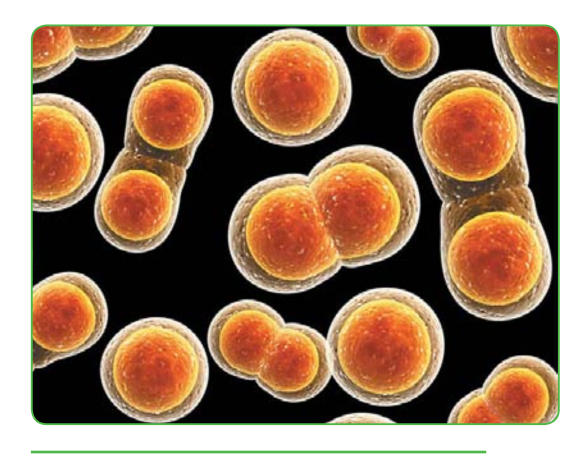

Рис. 73. Деление бактериальной клетки


Рис. 74. Почкование гидры

ринского организма. Таким способом размножаются грибы, дрожжи, кишечнополостные, например гидра, и некоторые другие организмы (рис. 74). Кишечные полости дочерней и родительской гидр соединены, что даёт им возможность прокормиться, помогая друг другу.

Большинство растений (мхи, папоротники, голосеменные, покрытосеменные) способны к бесполому размножению путём образования **спор** (не путать с образованием защитных спор у бактерий!). Споры растений (рис. 75) — это гаплоидные *(n)* клетки, покрытые специальной оболочкой, предохраняющей их от неблагоприятных воздействий (холода, высушивания и т. п.). У некоторых водорослей, например у улотрикса, формируются споры, свободно пере-

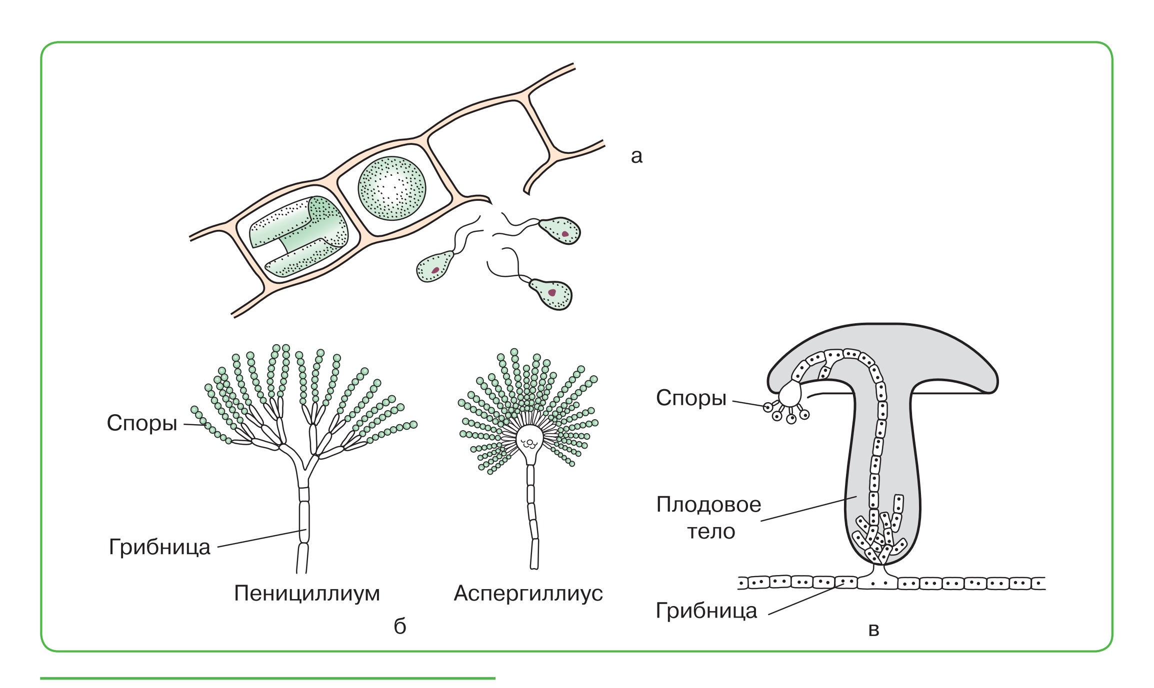


Рис. 75. Образование спор: *а* — у водорослей; *б* — у плесневых грибов; *в* — у шляпочных грибов



а



б

Рис. 76. Вегетативное размножение: *а* — черенками листа узамбарской фиалки; *б* — корневищем растения

двигающиеся в воде при помощи жгутиков, затем из каждой образуется новая водоросль. У папоротников споры формируются в специальных органах на нижней стороне листьев, а у мхов — в особых коробочках на верхушках женских растений. Очень часто спорами размножаются грибы (см. рис. 75).

Следующая форма бесполого размножения — **вегетативное размножение.** Этот способ часто используется в сельском хозяйстве при размножении культурных растений, относящихся к покрытосеменным (рис. 76). В случае вегетативного размножения целое растение развивается из какого-либо вегетативного органа или даже части органа растения. Так, например, растения могут размножаться *стеблем*, его частью или видоизменениями: отводками (смородина), черенками (тополь), усами (земляника), клубнями (картофель), корневищами (ирис), луковицами (лук, чеснок, тюльпан). Возможно также вегетативное размножение *корнями* (малина, слива) и *корнеклубнями* (георгин). В определённых условиях растение может размножаться и *черенками листа* (бегония).

Важно понимать, что при бесполом размножении все потомки имеют одинаковый генотип (совокупность генов данного организма) — такой же, как у родительской особи, ведь все они развиваются из её клеток.

Значение бесполого размножения состоит в том, что оно позволяет быстро увеличить численность вида в неменяющихся условиях.

Кроме того, вегетативное размножение очень удобно для практического сельского хозяйства. Гораздо проще и быстрее выращивать плодовые кустарники из черенка стебля по сравнению с выращиванием их из семян.



Запомнить: клон; почкование; споры; вегетативное размножение.

ВЫВОДЫ

Бесполое размножение — наиболее древний способ воспроизводства себе подобных. При бесполом размножении все потомки имеют одинаковый генотип, такой же, как у родительской особи. Бесполое размножение позволяет быстро увеличить численность вида в неменяющихся условиях существования.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Каковы особенности бесполого размножения?
2. Какие организмы размножаются с помощью спор?
3. Для каких организмов характерно размножение почкованием?
4. Какова роль вегетативного размножения в хозяйственной деятельности человека?

Выполни задание

Перечислите и охарактеризуйте основные формы бесполого размножения.

Обсуди с товарищами

Почему размножение считают одним из важнейших свойств живой природы?

Выскажи мнение

Какие условия обязательны для успеха бесполого размножения?

§ 20. ПОЛОВОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

- Какова сущность полового размножения?
- •• Каков биологический смысл мейотического деления клеток?



При половом способе размножения каждое следующее поколение возникает в результате слияния двух специализированных клеток — **гамет**. Гаметы образуются в специальных органах родительских особей, мужской и женской. Сущность полового размножения заключается в слиянии генетической информации родителей, благодаря чему увеличивается генетическое разнообразие потомства, а следовательно, возрастает его жизнеспособность по сравнению с родительской.

Половые клетки — гаметы — формируются у животных в половых железах: у самцов в **семенниках** образуются *сперматозоиды*, а у самок в **яичниках** — *яйцеклетки*.

Яйцеклетки неподвижны, обычно достигают крупных размеров и содержат запасы питательных веществ. Диаметр яйцеклетки млекопитающих — около 0,1 мм, а яйцеклетки рыб (икринки) — значительно крупнее, и запас питательных веществ у них больше. Ещё крупнее яйцеклетки птиц, например, яйцеклетка курицы с питательными веществами (желтком) имеет диаметр около 3 см.



Рис. 77. Микрофотография сперматозоида

Сперматозоиды очень малы и подвижны (рис. 77). У млекопитающих сперматозоид состоит из *головки* (её длина около 5–10 мкм), *шейки* и *хвостика*, основой которого

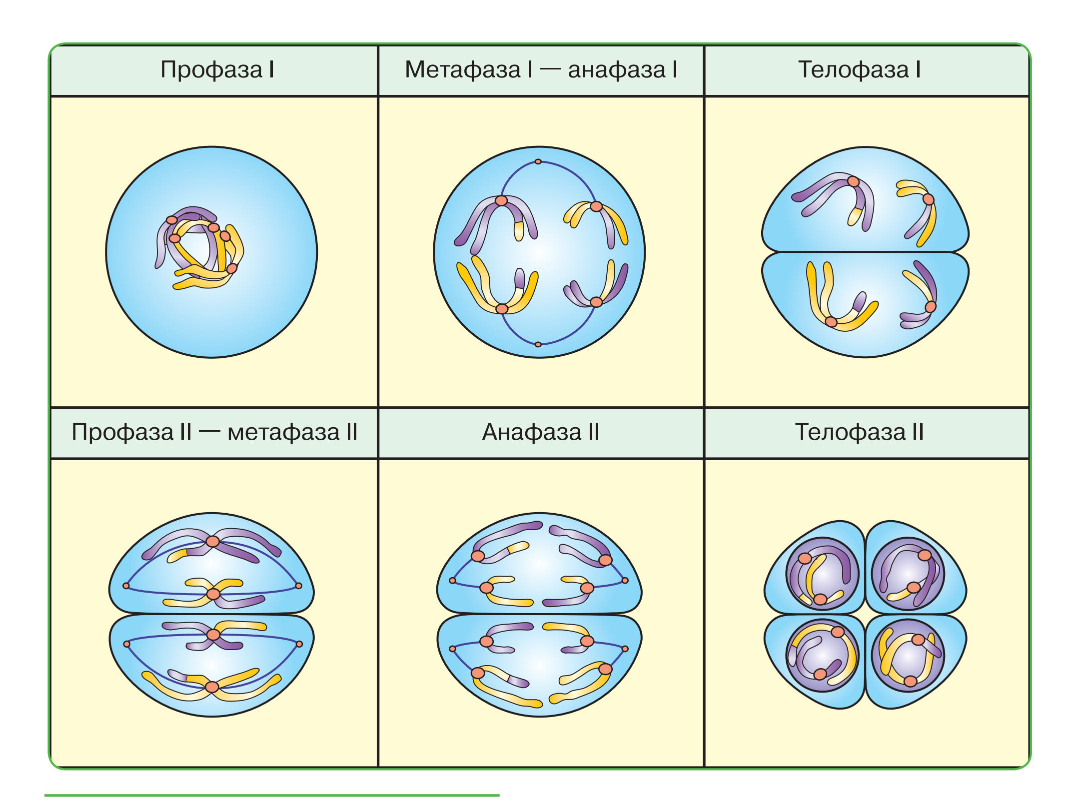


Рис. 78. Схема мейоза

является жгутик (их общая длина примерно 60 мкм). В головке расположено ядро, содержащее гаплоидный набор хромосом. Цитоплазмы в головке очень мало. В шейке находится небольшое число митохондрий, вырабатывающих энергию для движения сперматозоидов, и центриоль, обеспечивающая колебания жгутика, лежащего вдоль оси хвостика.

При половом размножении необходимо, чтобы число хромосом в гаметах было уменьшено в два раза по сравнению с клетками тела, т. е. с $2n$ до n. Иначе при слиянии ядер половых клеток число хромосом в зиготе увеличивалось бы в каждом поколении в два раза: $4n$, $8n$, $16n$, $32n$ и т. д. Чтобы сохранить постоянство числа хромосом, будущие половые клетки, которые изначально содержат также $2n$ хромосом, во время созревания делятся особым способом — *мейозом*.

Мейоз. Это такой способ деления, при котором из одной диплоидной клетки получается четыре гаплоидные (n). Мейоз представляет собой два следующих друг за другом деления: ***мейоз I*** и ***мейоз II***. Каждое из этих делений включает в себя те же фазы, что и митоз (рис. 78). В профазу первого деления (*профаза I*) гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид, тесно переплетаются друг с другом, т. е. конъюгируют, и в этот момент могут обменяться одинаковыми участками. Этот процесс называют *перекрёстом* или **кроссинговером**. После конъюгации гомологичные хромосомы разъединяются, и происходит *метафаза I*, когда гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид, располагаются напротив друг друга в экваториальной плоскости. Затем во время *анафазы I* к полюсам клетки расходятся гомологичные хромосомы, состоящие из двух

хроматид, а не половинки хромосом — хроматиды, как во время митоза. После этого следует короткая *телофаза I*, и сразу вслед за ней начинается второе деление мейоза, при котором делятся те две клетки, которые образовались при мейозе I. В процессе *метафазы II* по экваторам этих двух клеток располагается вдвое меньше хромосом, чем в процессе метафазы I. В процессе *анафазы II* происходит расхождение к полюсам клеток дочерних хроматид, составляющих ранее единую хромосому.

В результате мейоза из одной диплоидной клетки ($2n$) образуется четыре гаплоидные клетки ($1n$).

Таким образом, при мейозе после изначального удвоения хромосом происходит два следующих друг за другом без перерыва деления клетки. Во время первого деления расходятся гомологичные хромосомы, состоящие из двух хроматид, а во время второго деления мейоза расходятся хроматиды и каждая из четырёх клеток получает только n хромосом. Кроме того, в результате перекрёста в профазу I возникают новые случайные комбинации генов.

У мужских особей все четыре гаплоидные клетки, образующиеся в результате мейоза, превращаются в сперматозоиды. Ведь их требуется очень много. При этом ядро будущего сперматозоида уменьшается, появляется жгутик, а митохондрии располагаются вокруг основания жгутика в шейке. Созревание же яйцеклетки идёт иначе: цитоплазма распределяется между клетками, образующимися при мейозе, неравномерно. При этом только одна клетка из четырёх образовавшихся получается полноценной и жизнеспособной, а три остальные дочерние клетки превращаются в так называемые *направительные* или *полярные тельца*, играющие определённую роль в момент оплодотворения.

Процессы формирования сперматозоидов и яйцеклеток. Процесс формирования сперматозоидов называют *сперматогенезом*, протекает он в *семенниках*. Женские гаметы — яйцеклетки — образуются в результате *оогенеза* в *яичниках*. Оба этих процесса проходят в три стадии, или фазы (рис. 79). Первая стадия — *стадия размножения*, во время которой первичные половые клетки делятся митозом и число будущих гамет увеличивается. У самцов млекопитающих эта стадия длится от полового созревания и до старости, а у самок только в эмбриональном периоде. Вторая стадия — *стадия роста*: будущие

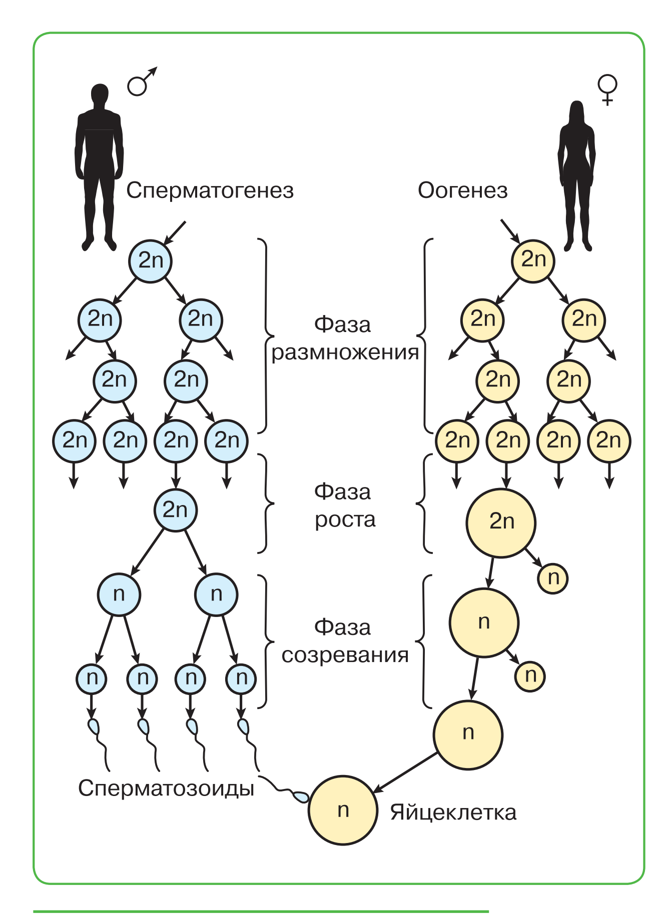


Рис. 79. Схема развития гамет у человека



Рис. 80. Микрофотография яйцеклетки и сперматозоидов

гаметы увеличиваются в размерах, особенно это относится к яйцеклеткам. Третья стадия формирования гамет — *стадия созревания*. Именно на этой стадии происходит мейоз. В процессе созревания яйцеклетки покрываются оболочками, а у сперматозоидов формируется хвостик, и они становятся подвижными.

В эмбриональном периоде у будущей женщины закладываются миллионы яйцеклеток, однако полной зрелости достигают лишь 300—400.

Оплодотворение. Так называют процесс слияния ядер мужской и женской гамет (рис. 80). В этот момент в ядре образующейся зиготы восстанавливается диплоидный ($2n$) набор хромосом, и делящаяся митозом зигота даёт начало новому организму.

У водных животных происходит выброс гамет в воду, где и осуществляется оплодотворение, которое называют **наружным**. Такое оплодотворение наблюдается, например, у моллюсков, рыб, амфибий. У обитателей суши наружного оплодотворения быть не может и сперматозоиды встречаются с яйцеклеткой в организме самки, у млекопитающих — в её яйцеводах, т.е. у них оплодотворение **внутреннее**.

Для покрытосеменных растений характерен процесс *двойного оплодотворения* с образованием триплоидной ткани — *эндосперма*, необходимой для нормального развития семени.



Запомнить: гаметы; мейоз; кроссинговер; семенники, сперматогенез; яичники, яйцеклетки; оплодотворение наружное и внутреннее.

ВЫВОДЫ

Половое размножение обеспечивает генетическое многообразие, что важно для эволюции. Сперматозоиды формируются в семенниках, яйцеклетки — в яичниках. При созревании гамет число хромосом в них в результате мейоза уменьшается в два раза по сравнению с соматическими клетками.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Чем половое размножение отличается от бесполого?
2. В чём суть кроссинговера?
3. Как осуществляется сперматогенез?
4. Каким организмам свойственно наружное оплодотворение?

Выполни задание

Составьте перечень фаз мейоза, проведите сравнительный анализ процессов, проходящих в митозе и мейозе.

Обсуди с товарищами

1. Чем мейоз отличается от митоза?
2. В чём биологический смысл полового размножения? Какие преимущества получают особи, размножающиеся таким способом?
3. Какие преимущества обеспечивает способность организмов к сочетанию нескольких способов размножения?

Выскажи мнение

Какая существует взаимосвязь между типом оплодотворения и числом яйцеклеток, в нём участвующих?

§ 21. РОСТ И РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

- Чем рост отличается от развития?
- Из каких периодов складывается онтогенез?



Способность к росту и развитию — одно из главных свойств живых организмов. ***Рост*** организма — это постепенное увеличение его массы и размера, изменение формы и строения тела в результате увеличения количества клеток, их размеров. Но рост почти всегда сопровождается биохимическими и физиологическими изменениями в клетках, их усложнением. Возрастание сложности органов и организма, улучшение его приспособленности к условиям окружающей среды можно назвать ***развитием***.

Существует два основных типа роста — *ограниченный* и *неограниченный*. Так, например, у однолетних растений весь жизненный цикл занимает меньше года: растение растёт, размножается, стареет и погибает. Неограниченный рост свойственен древесным многолетним растениям, они растут до самой своей гибели. Неограниченный рост характерен также для грибов, а вот у большинства животных рост ограниченный.

Развитие любого организма с момента его возникновения (с момента оплодотворения) и до смерти называют ***онтогенезом***. У одноклеточных организмов онтогенез начинается с момента деления материнской клетки, а заканчивается гибелью клетки или её делением.

У гидры, которая размножается путём почкования, онтогенез начинается с выделения группы клеток материнской особи. Эти клетки, делясь митозом, дадут начало новой гидре.

Надо понимать, что онтогенез — это не просто рост особи. Это цепочка сложных процессов и превращений всех систем организма, которая строго определена последовательно включающимися генами. Онтогенез продолжается и после взросления организма и заканчивается закономерным наступлением старости и смерти. Таким образом, в процессе онтогенеза реализуется наследственная информация.



Рис. 81. Непрямой тип развития

Различают два основных типа онтогенеза: *непрямой* (*личиночный*) и *прямой*. Прямой онтогенез может быть *неличиночным* (*яйцекладным*) и *внутриутробным*.

Непрямой тип развития. Такой тип онтогенеза встречается у многих беспозвоночных животных, а также у рыб, земноводных (рис. 81). При этом типе развития организм проходит одну или несколько личиночных стадий. Личинки самостоятельно живут, питаются и развиваются, причём у них могут формироваться те органы, которых не будет у взрослых особей, и наоборот: у личинок нет, например, органов размножения. Превращение личинок во взрослую особь может проходить с *полным* или *неполным превращением* (*метаморфозом*). При ***развитии с неполным превращением*** чаще всего отсутствует стадия куколки, а личинки обычно внешне похожи на взрослых насекомых. При ***развитии с полным превращением*** личинки не похожи на родителей и очень часто питаются совсем другой пищей, нежели взрослые особи. Например, гусеницы чешуекрылых питаются главным образом зелёными частями растений, а бабочки — нектаром. Таким образом расширяется пищевая база вида и снижается конкуренция за пищу.

Прямой тип развития. Первый вариант прямого пути развития — ***неличиночный тип онтогенеза*** наблюдается у некоторых беспозвоночных животных, а также у рептилий, птиц и некоторых млекопитающих (утконос). Этот вариант развития ещё называют *яйцекладным*: зародыш развивается внутри яйца, питаясь за счёт желтка (рис. 82).

Внутриутробный тип онтогенеза свойственен подавляющему большинству млекопитающих, в том числе и человеку. У этих животных яйцеклетки почти не имеют желтка. Для того чтобы развивающийся организм мог питаться, дышать, выделять продукты обмена и т. п., между ним и матерью развивается специальный орган — *плацента*, через который организм матери может обеспечить зародыш всем необходимым. Заканчивается этот тип развития *деторождением*.



Рис. 82. Прямой тип развития

Онтогенез у всех многоклеточных животных подразделяют на два периода: *эмбриональный* и *постэмбриональный*.

Эмбриональный период онтогенеза. Он начинается с момента слияния ядер сперматозоида и яйцеклетки, т. е. с момента оплодо-

творения (рис. 83). В это время формируются все ткани и органы организма. Этот период заканчивается выходом личинки из оболочек (*личиночный тип*), вылуплением особи из яйца (*яйцекладный тип*), деторождением (при *внутриутробном типе*).

Разберём эмбриональное развитие зародыша на примере ланцетника. На первых стадиях этот процесс сходен с развитием зародыша человека, так как в яйцеклетке и ланцетника, и человека мало запасных питательных веществ. Сразу же после оплодотворения образовавшаяся зигота начинает делиться митозом. Этот процесс называют *дроблением*. Следующие одно за другим деления происходят в перпендикулярных плоскостях. Образующиеся клетки называют *бластомерами*. Бластомеры не расходятся и, почти не увеличиваясь в размерах, продолжают делиться, пока из них не образуется сфера (***бластула***), стенки которой состоят из одного ряда *бластомеров*. Полость внутри бластулы называют *бластоцелью* или *первичной полостью тела*. На одном из полюсов бластулы бластомеры делятся быстрее, и происходит впячивание стенок бластулы в бластоцель. Постепенно образуется второй внутренний слой клеток зародыша. Образовавшийся двуслойный зародыш называют ***гаструлой***. Наружный слой клеток получил название **эктодерма** или **наружный зародышевый** *листок*, а внутренний слой — **энтодерма** или **внутренний зародышевый ли-**

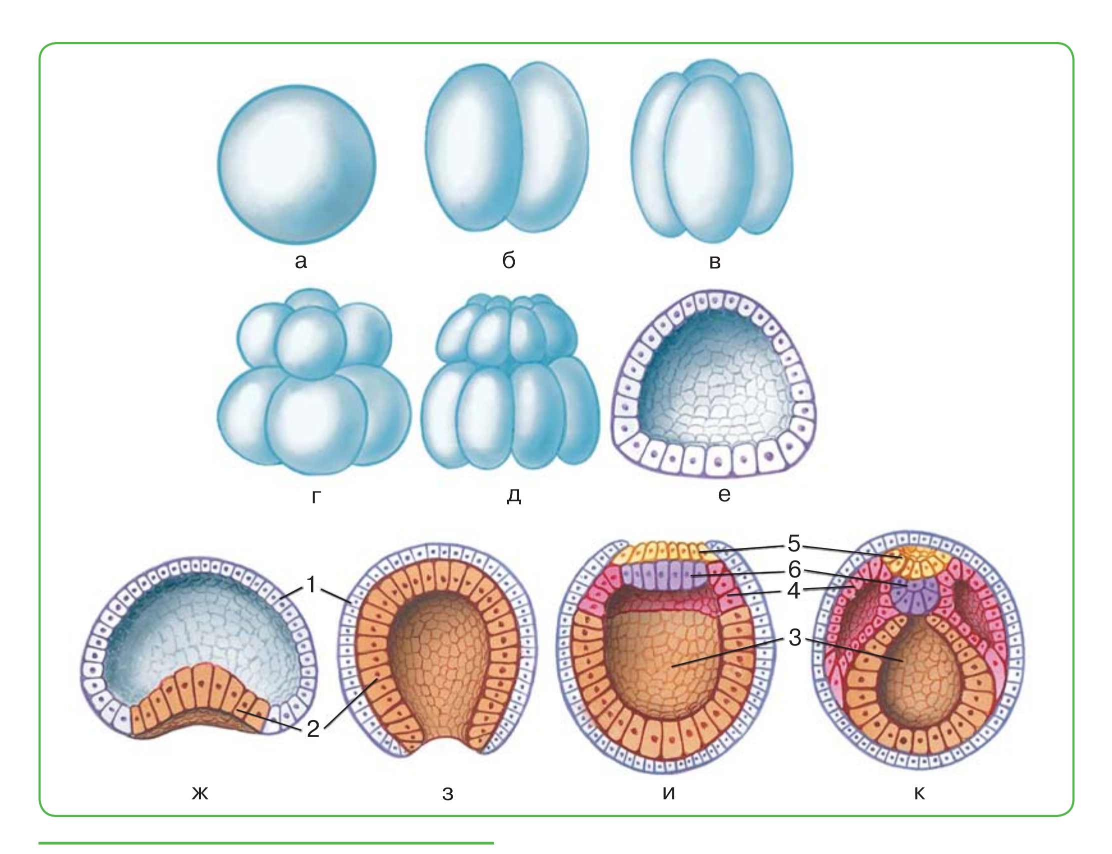


Рис. 83. Эмбриональный этап развития (на примере ланцетника): *а* — оплодотворённое яйцо; *б* — стадия 2 клеток; *в* — стадия 4 клеток; *г* — стадия 8 клеток; *д* — стадия 16 клеток; *е* — бластула в разрезе; *ж* — начало образования гаструлы; *з* — гаструла; *и* — ранняя нейрула; *к* — нейрула; *1* — эктодерма; *2* — энтодерма; *3* — полость первичной кишки; *4* — мезодерма; *5* — нервная пластинка (*и*) и нервная трубка (*к*); *6* — хорда

сток. Внутри гаструлы образуется полость — *первичная кишка*. Вскоре между экто- и энтодермой закладывается третий зародышевый листок — **мезодерма**. Эту стадию зародыша называют ***нейрулой***. На стадии нейрулы происходит образование зачатков всех систем и органов организма. Из эктодермы развивается основа нервной системы и органов чувств — *нервная трубка и* эпителиальные покровы тела. Преимущественно из мезодермы начинается формирование скелета, мышц и органов кровеносной, выделительной и половой систем. Кишечник, печень, поджелудочная железа, а также лёгкие в основном образуются из энтодермы.

У человека от момента оплодотворения до рождения ребёнка проходит около девяти месяцев, затем начинается **постэмбриональное развитие организма.**



Запомнить: онтогенез; бластула, гаструла, нейрула; зародышевые листки: эктодерма, энтодерма, мезодерма.

ВЫВОДЫ

Отмечают два типа роста — неограниченный (грибы, древесные растения) и ограниченный (животные). Развитие организма от рождения до смерти — онтогенез. Онтогенез бывает прямым и непрямым, а у многоклеточных животных его подразделяют на два периода: эмбриональный и постэмбриональный. Эмбрион в своём развитии проходит ряд стадий: бластула, гаструла, нейрула. У подавляющего числа животных в зародыше формируются три зародышевых листка: эктодерма, энтодерма, мезодерма.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое онтогенез?
2. Какие различают основные типы онтогенеза?
3. В чём суть эмбрионального периода развития?
4. Каково строение гаструлы?
5. Что такое нейрула? Что происходит на этой стадии?
6. Как осуществляется контроль за стадиями онтогенеза?

Выполни задания

1. Составьте список организмов с непрямым типом индивидуального развития.
2. Перечислите стадии развития зародыша и охарактеризуйте их.

Обсуди с товарищами

1. В чём биологический смысл непрямого типа индивидуального развития?
2. Что такое дробление? Чем оно отличается от митотического деления клеток?

Выскажи мнение

Каковы преимущества прямого внутриутробного развития зародыша?

Работа с моделями, схемами, таблицами

Представьте содержание параграфа в виде схемы.

§ 22. НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ — общие свойства живых организмов. Закономерности наследования признаков



- Что такое ген, хромосома?
- В чём суть открытий Г. Менделя и Т. Моргана?

Закономерности наследственности изучает наука ***генетика***. Создателем современной генетики является австрийский биолог и ботаник, монах *Грегор Мендель* (1822–1884). Будучи садоводом-любителем, он проводил в своём монастыре опыты по скрещиванию растений гороха (рис. 84), отличающихся друг от друга одним и более внешними признаками. В 1865 г. Г. Мендель опубликовал работу «Опыты над растительными гибридами», которая и стала началом новой науки о наследственности.



Рис. 84. Горох посевной

Наследственность — это способность всех живых организмов передавать свои признаки и свойства из поколения в поколение. Информация о них заложена в генетическом материале, т. е. в хромосомах и генах. Потомки, как правило, похожи на своих родителей, но двух абсолютно одинаковых организмов найти невозможно. Это объясняется тем, что в генетическом материале, получаемом потомками от родителей, обязательно происходят случайные и неслучайные изменения, которые приводят к появлению в организме потомков новых признаков и свойств, хотя эти изменения могут быть и очень незначительными. Таким образом, ***изменчивость*** — это свойство живых организмов приобретать различия между особями одного вида. Например, у людей могут быть серые, голубые, карие глаза. Существует также несколько групп крови, а также множество других признаков, которые могут изменяться в довольно широких пределах.

Опыты Г. Менделя. Г. Мендель скрещивал между собой растения гороха (рис. 85), которые при самоопылении отличались из поколения в поколение только цветом семян: у одних растений горошины всегда были жёлтыми, а у других — всегда зелёными. Оказалось, что потомки от такой пары родителей всегда будут иметь жёлтые семена. Но если два потомка из первого гибридного поколения скрестить между собой, то во втором гибридном поколении снова по-

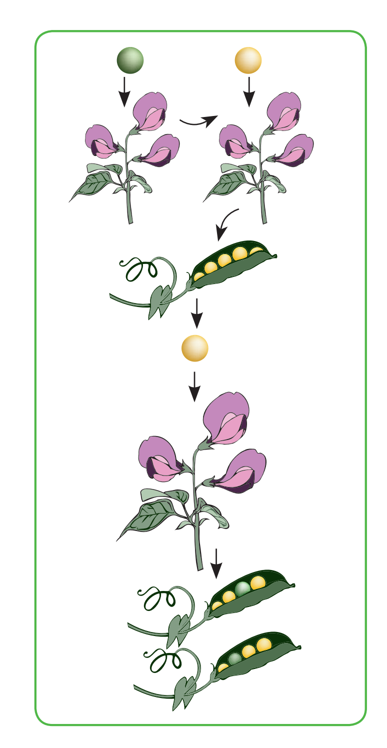


Рис. 85. Опыты Г. Менделя по моногибридному скрещиванию

явятся зелёные горошины и их число будет составлять $^1/_4$ от общего числа семян, а $^3/_4$ горошин будут жёлтыми, т. е. по признаку цвета семян во втором поколении происходит расщепление 3 (жёлтых) : 1 (зелёное). По результатам этих опытов Г. Мендель сделал ***несколько очень важных выводов***.

1. Каждый признак в организме кодируется двумя наследственными «элементами» (через много лет их назвали *генами*). В случае опытов Менделя цвет семян определяется двумя генами: один определяет жёлтую окраску, другой — зелёную.

2. Если особь получит (как было в I поколении) два разных гена, то один из них, в данном случае — отвечающий за жёлтый цвет семян, подавляет другой и все семена будут жёлтыми. Проявляющийся ген позднее назвали *доминантным* (жёлтый цвет семян), а подавляемый (зелёный цвет семян) — *рецессивным*. Если же, как в гибридах II поколения, растение получит два гена зелёной окраски семян, а это случается в 25% случаев, то семена будут зелёными, т. е. произойдёт расщепление по цвету семян 3:1.

3. В гаметы попадает только один ген каждого признака (рис. 86), не смотря на то, что в клетках тела их по два (как видим, Мендель первым понял суть мейоза, хотя и не мог это объяснить).

Продолжая свои опыты, Мендель на примере двух разных признаков (*цвет* семян гороха и *форма* семян гороха) установил, что различные признаки наследуются независимо друг от друга и для них справедливы те правила, которые соблюдаются при скрещивании растений, различающихся одним признаком.

Однако признаки не всегда можно разделить на доминантные и рецессивные, и тогда возникают промежуточные варианты признака. Например, у фиалок растение с двумя доминантными (*АА*) генами имеет пурпурные цветки, растение с двумя рецессивными (*аа*) генами — белые, а растение *Аа* — розовые цветки.

Работа Т. Моргана. Тот факт, что гены находятся в хромосомах, установил американский генетик *Томас Морган* (1866–1945). Он работал с мушкой-дрозофилой, у которой в клетках тела (*соматических*) содержится по восемь хромосом, а в половых клетках — гаметах (вспомни мейоз!) — только по четыре. Именно ему удалось доказать, что каждая хромосома — это группа генов, расположенных линейно, один за другим. Гены, находящиеся в одной хромосоме, наследуются все вместе, попадая в одну гамету, т. е. наследуются *сцеплено*. Было также установлено, что каждый ген имеет в определённой хромосоме строго определённое место — **локус**. Однако во время профазы первого деления мейоза хромосомы, относящиеся к одной паре (их называют *гомологичными*), могут контактировать между собой и в этот момент обмениваться генами. Это явление — *перекрёст* — важный источник генетической изменчивости.

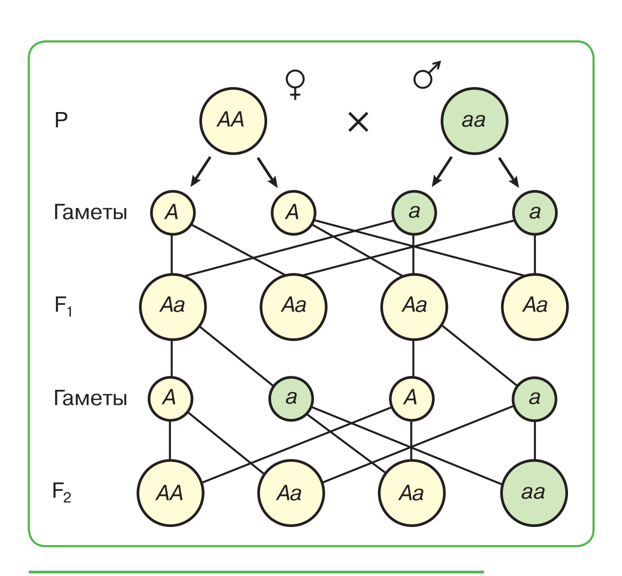


Рис. 86. Цитологические основы моногибридного скрещивания

Подавляющее большинство живых существ представлено особями двух полов — женского и мужского. При размножении соотношение полов составляет 1:1. Морган и его сотрудники показали, что у всех видов самцы и самки различаются по набору хромосом. У мужских и женских организмов все хромосомы, кроме одной пары, одинаковы, их называют **аутосомами**. Но одна пара хромосом у самцов и самок различается. Эти хромосомы получили название **половых**: у самок дрозофилы, к примеру, в каждой клетке три пары аутосом (у человека — 22) и одна пара одинаковых половых, так называемых *X-хромосом*, а у самцов те же три пары аутосом (у человека — 22) и две разные половые хромосомы: *X*- и *Y-хромосомы* (рис. 87).

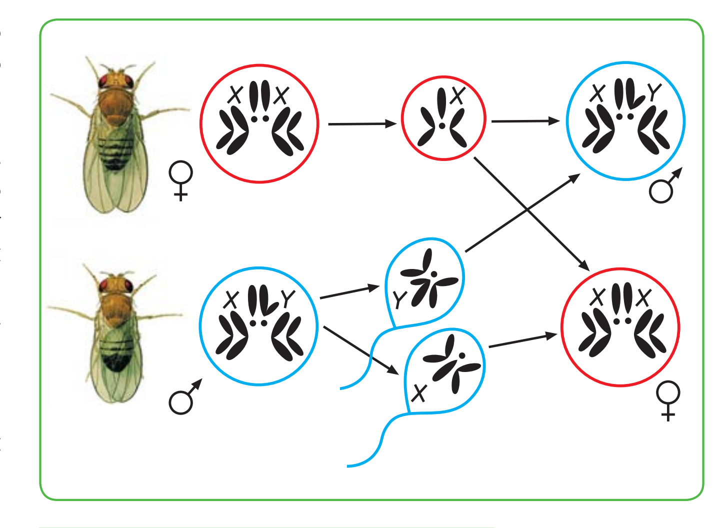


Рис. 87. Схема расщепления по признаку пола у плодовой мушки-дрозофилы

У женских особей млекопитающих (у человека, в частности) при образовании гамет будут образовываться яйцеклетки только с *X*-хромосомой, а у мужских особей в равном количестве образуются два вида сперматозоидов — половина с *X*-, а другая половина с *Y*-хромосомой. При оплодотворении с одинаковой вероятностью с яйцеклеткой может слиться как сперматозоид с *X*-хромосомой, так и сперматозоид с *Y*-хромосомой. В первом случае из зиготы разовьётся организм женского пола (*XX*), а во втором — организм мужского пола (*XY*).

Запомнить: наследственность; изменчивость; локус; аутосомы; половые хромосомы.



ВЫВОДЫ

Наследственность — свойство всех живых организмов. Законы наследственности изучает генетика. Законы наследственности установлены Г. Менделем. Хромосомную теорию и принцип наследования пола разработал Т. Морган.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Кто первым открыл закономерности наследования признаков?
2. Какие закономерности наследования были открыты Г. Менделем?
3. Что такое доминирование?

4. Что удалось установить Т. Моргану?
5. Какие хромосомы называют аутосомами?
6. Что такое локус?

Выполни задания

1. Выпишите из учебника основные закономерности наследования, выявленные Г. Менделем.
2. Подготовьте презентацию на тему «Грегор Мендель — основоположник генетики».

Обсуди с товарищами

1. Почему, по вашему мнению, Г. Мендель работал именно с растением гороха? Каким методом он при этом пользовался?
2. Решите задачу: *У кроликов серый цвет шерсти доминирует над белым. Какое потомство можно ожидать при скрещивании серого и белого кроликов? При скрещивании белых кроликов?*
3. Используя результаты опытов, полученные Т. Морганом, составьте определения понятий «хромосома» и «ген».

Выскажи мнение

Когда происходит генетическое определение пола у человека?

Для любознательных

Это интересно

● На самом деле только 2—5 % ДНК кодируют белки. Остальные участки хромосом содержат информацию о том, в какой последовательности должны включаться и выключаться гены. Например, гены, контролирующие развитие тела мушки-дрозофилы, расположено в хромосомах, в том же порядке, что и определяющие ими части тела: сначала гены, управляющие процессом дифференцировки головы, затем гены грудного отдела, а уж потом — гены, контролирующие развитие задней части тела мухи. Включаются эти гены строго по очереди: каждый в клетке того отдела тела, за развитие которого он отвечает. Если этот порядок нарушить, то получаются ненормальные особи. Например, мухи с глазами на крыльях или мухи с конечностями на голове. У человека такие мутанты не выживают.



Рис. 88. Грегор Иоганн Мендель

Люди науки

● **Грегор Иоганн Мендель** (1822—1884) — австрийский биолог и ботаник, монах, аббат (рис. 88). Разработал методы генетических исследований. Открыл основные закономерности наследственности. 1900 год, когда были подтверждены открытые им законы, считается годом рождения генетики.

● **Томас Хант Морган** (1866—1945) — американский учёный, генетик (рис. 89). Лауреат Нобелевской премии 1933 г. «За открытия, связанные с ролью хромосом в наследственности». Изучал вопросы определения пола у животных, обосновал представление о материальных носителях наследственности.

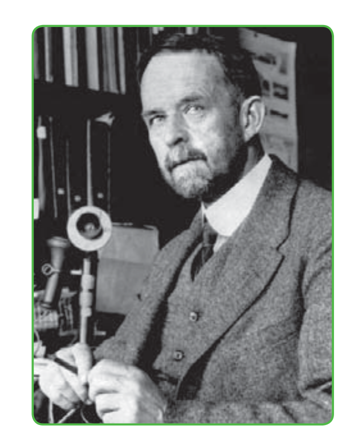


Рис. 89. Томас Хант Морган

§ 23. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ. Модификационная изменчивость. Норма реакции

- Что такое изменчивость?
- Каковы причины модификационной изменчивости?



Одним из главных свойств живых организмов является изменчивость. Различают два вида изменчивости: наследственную (мутационную) и ненаследственную (модификационную).

Те изменения организмов, которые не затрагивают его генов и поэтому не передаются следующим поколениям, называют *модификациями*, а вид изменчивости — ***модификационной***. Чаще модификационной изменчивости подвержены количественные признаки: рост, вес, плодовитость. Например, размножая вегетативным путём смородину и взяв от куста два одинаковых черенка стебля, мы вырастим два очень похожих друг на друга растения с одинаковыми генами, однако различий избежать всё равно не удастся: один куст может получить больше воды при поливе, другой окажется немного лучше освещён, на одном кусте поселится больше вредителей, другой попадёт на лучшую почву.

Большинство признаков организма зависят от условий окружающей среды (рис. 90, 91). Конечно, существуют признаки, которые определяются только генами, полученными от родителей, и условия жизни на эти признаки не влияют. Например, у человека это цвет радужки глаза или группа крови. Однако и у людей, и у животных такие признаки, как рост, вес, физическая сила, и многие другие во многом определяются условиями существования: в холодную зиму все волки одной области будут линять с образованием густого подшёрстка, удерживающего тепло. Но если зима тёплая, то у волков не будет отрастать излишне тёплая меховая шуба. Такую же приспособляемость продемонстрируют и волчата, независимо от того, в какой год они родятся: в холодный или тёплый.

Пределы модификационной изменчивости называют ***нормой реакции***, и, какой бы «широкой» эта норма ни была, изменчивость не может выходить за её пределы. Например, рост человека со здоровой гормональной системой

а

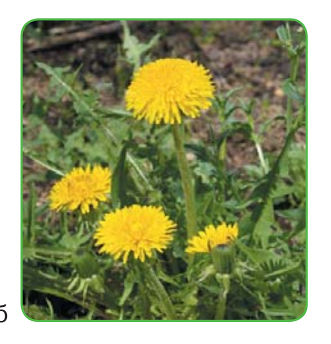

б


Рис. 90. Одуванчики, выросшие в горах (*а*), на лугу (*б*)



Рис. 91. Изменение формы листьев у стрелолиста в зависимости от среды обитания

может достигать 2 м, но он никогда не будет равняться 5 м. Это противоречило бы той информации о росте *Homo sapiens*, которая заложена в наших генах. У некоторых признаков узкая норма реакции, например окраска шерсти кроликов. У других признаков норма реакции, напротив, широка: жирность молока коров, вес баранов и т. п. Таким образом, можно сделать следующий вывод: во многих случаях наследуются не сами признаки, а способность организма проявить эти признаки в определённых условиях. Итак, ***модификационные изменения характеризуются следующими признаками***:

1) не передаются из поколения в поколение;

2) проявляются одновременно у многих особей вида и зависят от воздействия окружающей среды;

3) возможны только в пределах нормы реакции, т. е. определяются генами данного вида.



Запомнить: модификации; норма реакции.

ВЫВОДЫ

Модификационные изменения возникают под воздействием факторов внешней среды, они не передаются из поколения в поколение и не играют роли в эволюционном процессе. Пределы модификационной изменчивости — это норма реакции. Модификации возможны только в пределах нормы реакции.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое изменчивость?
2. Какие виды изменчивости вам известны?
3. Какие признаки чаще подвержены модификационной изменчивости?
4. Что такое норма реакции?

Выполни задание

Перечислите характерные признаки модификационной изменчивости.

Обсуди с товарищами

1. Приведите примеры модификационной изменчивости. Какую роль она играет в каждом конкретном случае?
2. Каково биологическое значение модификационной изменчивости?

Выскажи мнение

Как вы думаете, какая норма реакции для большинства признаков — широкая или узкая — является более выгодной организму? Ответ аргументируйте.

Проводим исследование

Лабораторная работа

Выявление изменчивости. Построение вариационной кривой

Цель: ознакомиться с закономерностями модификационной изменчивости, методикой построения вариационного ряда и вариационной кривой.

Материалы и оборудование: листья тополя, липы, вишни и т. п. (могут быть использованы антропометрические данные: рост или вес, отдельно для мальчиков и девочек).

Ход работы

1. При помощи линейки измерьте длину листовых пластинок. Полученные результаты занесите в таблицу:

Номер листовой пластины	Длина листовой пластины

2. Постройте вариационный ряд, расположив листья в порядке возрастания длины листовой пластинки.
3. Постройте вариационную кривую. На оси абсцисс откладываем длину листовой пластинки, а по оси ординат — значения, соответствующие частоте встречаемости данной длины листовой пластинки.
4. Что является причинами такого распределения вариантов в вариационном ряду?
5. Сделайте вывод о характере модификационных изменений.

§ 24. Наследственная изменчивость



- • Какие признаки могут изменяться под воздействием внешней среды?
- •• Каковы причины наследственной изменчивости?

Наследственная изменчивость вызвана изменениями в генетическом материале, а значит, передаётся из поколения в поколение. Именно этот вид изменчивости лежит в основе разнообразия живых организмов, являясь основой эволюционного процесса.

Любое устойчивое изменение в генетическом материале какого-либо организма называют ***мутацией*** (рис. 92), а организм, в котором произошла мутация, — ***мутантом***. Мутационная теория была создана в начале XX в. голландским учёным *Гуго де Фризом* (1848–1935).

Мутации разделяют на **несколько видов:** точечные **(генные), хромосомные, геномные.**

Точечные мутации — это изменения в пределах одного гена, т. е. замена, вставка или выпадение малого числа нуклеиновых пар в молекуле ДНК.

Хромосомные мутации — это изменения участков хромосом или целых хромосом. Например, утеря части хромосомы, удвоение или поворот участка хромосомы и т. п.

Геномные мутации заключаются в изменении числа хромосом в гаплоидном наборе, т. е. в появлении или, наоборот, нехватке хромосом в ядре клетки.

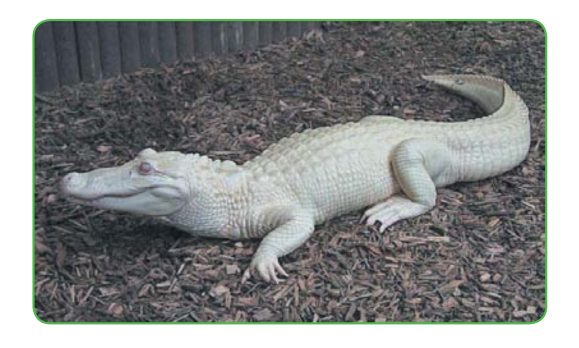




Рис. 92. Мутации

Для мутаций характерен ряд свойств:

1) возникают неожиданно, и невозможно предсказать заранее, в какой части генотипа произойдёт нарушение;

2) обычно — рецессивные, реже — доминантные;

3) чаще — они вредны для организма, реже — нейтральны и совсем редко — полезны. Примером нейтральных мутаций могут служить веснушки;

4) наследуются, т. е. передаются из поколения в поколение;

5) могут повторяться.

Вполне понятно, что подавляющее число мутантов обладает пониженной выживаемостью, поскольку геном любого живого существа прошёл столь длительную и жёсткую проверку в процессе эволюции, что трудно предположить, что случайное изменение в генах может оказаться полезным. Поэтому подавляющее число мутантов погибает. Но особи с нейтральными и полезными мутациями являются материалом для эволюционного процесса, приводящего к появлению новых видов.

Какие же факторы окружающего мира приводят к учащению мутаций?

К **мутационным факторам** относят ионизирующее и ультрафиолетовое излучения, химические воздействия (некоторые красители, ДДТ, хлороформ, соли тяжёлых металлов и др.), воздействие вирусных инфекций и др. Знание мутационных факторов даёт возможность уберечься от вредных мутаций, а также получить материал для селекции новых пород и сортов.



Запомнить: наследственная изменчивость; мутации и их виды: генные, хромосомные, геномные; мутационные факторы.

ВЫВОДЫ

Наследственная изменчивость вызвана изменениями в генетическом материале, а значит, передаётся из поколения в поколение. Любое изменение в генетическом материале называют мутацией. Мутации могут быть точечными, хромосомными и геномными. Предсказать место возникновения и характер мутации невозможно, но увеличить число мутаций способны ионизирующее и ультрафиолетовое излучения, соли тяжёлых металлов, многие химические вещества.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое мутация?
2. Чем наследственная изменчивость отличается от модификационной?
3. Какие бывают мутации?
4. Чем точечные мутации отличаются от геномных?
5. Что может послужить мутационным фактором?

Выполни задание

Перечислите основные свойства мутаций.

Обсуди с товарищами

1. Какова роль мутаций в жизни организма и эволюционном процессе?
2. Может ли человек использовать мутации в своих целях?

Выскажи мнение

Каким образом можно защитить живую природу и человека от воздействия мутагенных факторов?

Для любознательных

Это интересно

● Надо понимать, что потомству передаются только те мутации, которые произошли в генах половых клеток. Огромное большинство вредных мутаций отсеиваются естественным отбором, так как их обладатели не выживают или не оставляют потомство. А вот мутации, слабо действующие на жизнеспособность или нейтральные, сохраняются в течение многих поколений. Чистота проявлений многих болезнетворных мутаций в потомстве зависит от возраста родителей. Например, стволовые клетки, из которых образуются сперматозоиды, у мужчины делятся каждые 16 дней. Таким образом, в гаметах юноши накапливается совсем мало мутаций, а вот к 56 годам эти клетки уже поделились приблизительно 840 раз и вероятность нахождения в них мутаций весьма велика. Возраст матери также сказывается на потомстве. Так, вероятность рождения ребёнка с синдромом Дауна молодой мамой (18—20 лет) очень мала. А вот если матери 40—43 года, то вероятность рождения ребёнка с таким дефектом достигает 2—3 %.

● Одна из форм тяжёлого нарушения умственного развития ребёнка — аутизм, проявляется в том, что малыш теряет контакт с внешним миром. В настоящее время в *X*-хромосоме обнаружен ген, мутация которого приводит к аутизму. Генетические особенности организма обусловливают предрасположенность людей к заболеваниям, которые вызваны воздействием внешней среды. Например, определённый набор мутаций, возникающих у курящих женщин, в десятки раз повышает вероятность рака груди.

● В настоящее время разрабатываются методы генной терапии многих болезней человека. Больным вводят генетический материал, который должен компенсировать дефекты, вызванные мутацией.

● Многие химические вещества вызывают тяжёлые мутации. Например, давно известна связь между некоторыми красителями и развитием — рака мочевого пузыря. Но такому осложнению особенно подвержены люди с определённым набором генов, которые контролируют обезвреживание ядовитых веществ в организме.

Основное содержание раздела

Живые организмы состоят из тех же химических элементов, что и неживые объекты. Белки — полимеры аминокислот, соединённых пептидными связями. Белки обеспечивают в организме множество жизненных функций. Липиды образованы глицерином и жирными кислотами, они выполняют в организме строительную, запасающую, регуляторную, защитную функции, функцию теплоизоляции и некоторые другие. Углеводы (сахара) являются основными источниками энергии. Нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК) — носители наследственной информации в живых системах.

Пластический обмен — процесс получения необходимых организму веществ. Гетеротрофы (животные, многие бактерии, грибы) получают органические вещества извне. Автотрофы могут синтезировать необходимые им органические вещества за счёт фотосинтеза (растения) или хемосинтеза (некоторые бактерии). Важнейший процесс пластического обмена — синтез белков.

Реакции распада веществ клетки, сопровождающиеся выделением и запасанием энергии, называют диссимиляцией или энергетическим обменом. Он осуществляется в три этапа.

Для нормальной жизнедеятельности клеткам и целому организму необходима чётко скоординированная работа транспортных систем, систем выделения продуктов обмена, а также опорно-двигательной системы. Способностью поддерживать относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды — гомеостазом обладают все живые организмы, иначе они не смогли бы выжить в постоянно меняющихся условиях окружающей среды. У растений регуляция жизненных функций происходит при помощи химических веществ — фитогормонов. У животных в связи с активным образом жизни появились две взаимосвязанные регуляторные системы: быстрореагирующая нервная система и эндокринная система, обеспечивающая более медленный, но долговременный ответ всего организма.

Размножение — всеобщее свойство живых организмов — может быть половым и бесполым. При половом размножении происходит перекомбинация генов двух родительских особей. Половые клетки — гаметы — образуются в результате особого способа деления клеток — мейоза, при котором число хромосом в дочерних клетках уменьшается в два раза. Оплодотворение — процесс слияния ядер гамет, т. е. яйцеклетки и сперматозоида.

Развитие любого организма от рождения до смерти называют онтогенезом. У большинства животных в зародыше формируются три зародышевых листка: эктодерма, энтодерма и мезодерма. Из них образуются все ткани и органы.

Генетика — наука о наследственности и изменчивости живых организмов. Основоположник генетики Г. Мендель сформулировал ряд правил, которые впоследствии стали общеизвестны как законы Менделя.

Изменчивость бывает модификационной, не затрагивающей набор генов организма, и мутационной, вызванной изменениями в генетическом материале.

Мутации часто возникают в результате внешних воздействий.





Раздел 3. ВИД

Биологический вид — основная систематическая единица живого. Процесс образования видов идёт в течение многих тысяч и миллионов лет, поэтому он не может затронуть отдельную особь. Единицей эволюции является внутривидовая структурная единица — популяция. Теория эволюции, разработанная Чарлзом Дарвином, впервые научно объяснила механизмы эволюции вообще и видообразования в частности. Современная теория эволюции, использующая самые передовые методы исследования, изучает, как развивалась жизнь на Земле и каковы основные направления эволюции.

§ 25. РАЗВИТИЕ БИОЛОГИИ В ДОДАРВИНОВСКИЙ ПЕРИОД



- Что такое эволюция?
- Каковы причины огромного многообразия живых организмов на нашей планете?

Вопрос существования на нашей планете удивительного многообразия живых существ, оптимально приспособленных к условиям обитания, всегда вызывал огромный интерес у учёных. Каким образом возникли организмы разной степени сложности? Под влиянием каких сил сформировались их приспособления? Что лежит в основе многообразия органического мира? Какое место в этом мире занимает человек и кто его предки? На эти и многие другие вопросы отвечает эволюционное учение, которое является теоретической основой биологии.

Термин «эволюция» (от лат. *evolutio* — развёртывание) был введён в науку уже в конце XVII в. Однако в современном понимании его впервые стал употреблять французский естествоиспытатель Жан Батист Ламарк (1744–1829). Под ***эволюцией*** в биологии понимают *процесс исторического изменения живых существ и их сообществ*. ***Эволюционное учение (теория эволюции)*** — это совокупность представлений о причинах, движущих силах, механизмах и общих закономерностях преобразования живых существ во времени. Выполняя функцию объединяющей теории, эволюционное учение является фундаментом для всей биологической науки.

Античные и средневековые представления о сущности и развитии жизни. Представления об изменяемости окружающего мира возникли много тысяч лет тому назад. В древнекитайской книге Ле-цзы было написано, что жизнь получила начало из одного источника путём дальнейшего «развёртывания» и разветвления. Некоторые древнегреческие философы даже указывали конкретный источник. Так, *Фалес Милетский* считал, что первоосновой всего является вода, что «всё происходит из воды и всё в неё возвращается», *Демокрит* был убеждён, что жизнь образовалась из речного ила, *Анаксагор* в качестве основы называл воздух. Все они задавались вопросом о зарождении жизни, не уделяя внимания её развитию.

Теорию развития живых организмов первым предложил один из величайших учёных Древней Греции *Аристотель*. Суть её — в процессе непрерывного развития живых организмов из неживой материи. Развитие он представлял в виде «лестницы существ», внизу — простые неорганические объекты природы (минералы), а на вершине — сложнейшие — человек (рис. 93). Кроме того, Аристотель разработал первую систематику животных.

Работа К. Линнея. К концу Средневековья началась новая волна развития науки в Европе. В возрасте 28 лет выдающийся шведский учёный *Карл Линней* (1707–1778) опубликовал свою самую известную работу «Система природы», в которой описал основные принципы **систематики** — науки о классификации живых организмов. В основу своей классификации он положил принцип иерархичности (соподчинённости) таксонов, когда несколько мелких таксонов (видов) объединяются в более крупный род, роды объединяются в отряды и т. д. Основы систематики, заложенные Линнеем, остались неизменными до наших дней. Для обозначения видов учёный использовал **бинарную**

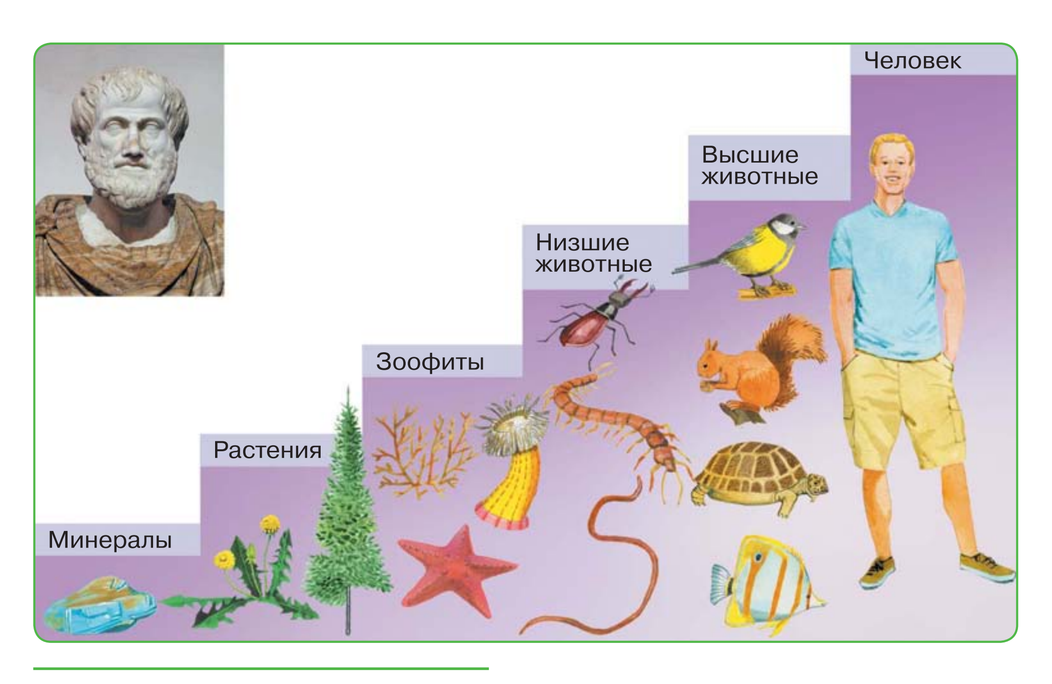


Рис. 93. «Лестница существ» Аристотеля

(двойную) **номенклатуру**: первое слово названия обозначало род, второе — вид. В XVIII в. международным научным языком была латынь, поэтому Линней давал названия видам на латинском языке, что делало его систему понятной во всём мире.

Теория Ж. Б. Ламарка. В конце XVIII в. большинство учёных уже были готовы принять идею об изменяемости видов. Автором первой эволюционной теории стал французский ботаник и зоолог *Жан Батист Ламарк* (рис. 94). Свои взгляды на эволюционное развитие видов Ламарк описал в труде «Философия зоологии», который опубликовал в 1809 г. Учёный определил два основных направления эволюционного процесса: происходящее во времени постоянное усложнение уровня организации живых существ и увеличение разнообразия под воздействием условий среды. Учение Ламарка стало первой целостной эволюционной теорией. Однако, правильно оценив общее направление развития природы от простого к сложному, Ламарк не смог корректно объяснить причины и механизмы эволюции. Как показало дальнейшее развитие биологии, многие положения теории Ламарка оказались ошибочными.

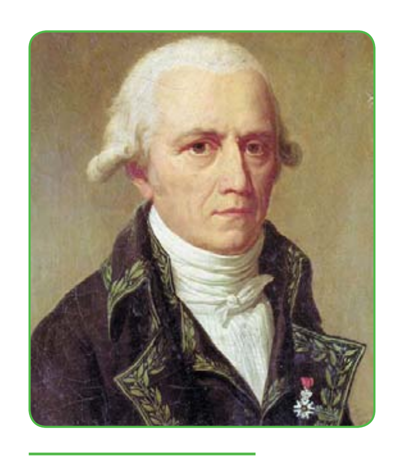


Рис. 94. Ж. Б. Ламарк

Предпосылки возникновения учения Чарлза Дарвина. К середине XIX в. в естествознании было сделано много новых открытий. Теодор Шванн и Маттиас Шлейден создали клеточную теорию, подтверждающую единство строения всех живых существ. Российский учёный *Карл Максимович Бэр* (1792–1876) описал стадии развития эмбриона, показав, что на ранних стадиях эмбрионы всех позвоночных животных имеют общие черты строения. Факты и открытия в самых разных областях есте-

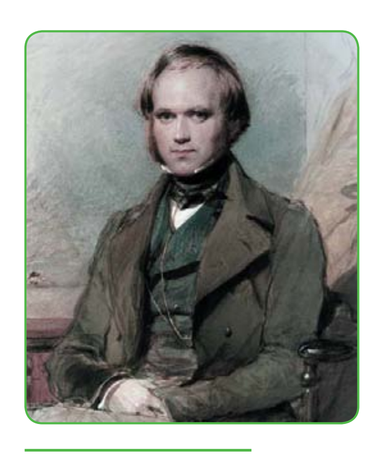


Рис. 95. Ч. Дарвин

ствознания противоречили теории о божественном происхождении и неизменности существования природы.

Но не только в научной среде зрели предпосылки для возникновения новой эволюционной теории. Развитие капитализма и резкий рост городского населения в развитых странах требовали быстрого развития сельского хозяйства. В Англии успешно развивалась **селекция** — наука о приёмах создания новых сортов растений и пород животных, а также улучшения уже существующих. За короткий срок были выведены новые породы овец, свиней, предложены высокоурожайные сорта культурных растений. Успехи селекции подрывали представление о неизменности живых организмов.

Расширение торговли, налаживание связей между странами, освоение новых территорий способствовали созданию богатых коллекций объектов живой природы, служивших дополнительным материалом для переосмысления законов развития органического мира. Огромное влияние на формирование эволюционных идей в обществе оказал труд экономиста *Томаса Мальтуса* (1766–1834) «Опыт о законе народонаселения». Введя понятие «борьба за существование», Мальтус утверждал, что человеку, как и всем другим организмам, свойственно стремление к безграничному размножению. Однако нехватка ресурсов ограничивает рост численности человечества, приводя к нищете, голоду и болезням.

Всё больше учёных склонялись к мысли о том, что представление о неизменности видов является ложным. Назревала насущная необходимость создания эволюционной теории, которая ответила бы на все накопившиеся в обществе вопросы: какие механизмы лежат в основе развития природы от простого к сложному? Почему одни виды появляются, а другие вымирают? Чем вызвана целесообразность возникающих приспособлений?

Создателем основ современного эволюционного учения по праву считают выдающегося английского учёного *Чарлза Дарвина* (1809–1882) (рис. 95), который в своих работах объяснил изменения органического мира действием законов природы без вмешательства сверхъестественных сил.



Запомнить: эволюция; эволюционное учение (теория эволюции); систематика; бинарная (двойная) номенклатура; теория Ж. Б. Ламарка; селекция.

ВЫВОДЫ

Эволюционное учение — это наука о причинах, движущих силах, механизмах и общих закономерностях преобразования живых существ во времени. Представления об изменяемости окружающего мира возникли много тысяч лет тому назад. Однако первая эволюционная теория (теория Ж. Б. Ламарка) была создана только в начале XIX в. Её многие положения оказались ошибочными, и вскоре назрела необходимость создания новой эволюционной теории, которая объяснила бы, какие механизмы лежат в основе развития природы от простого к сложному.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое эволюция?
2. Как представляли жизнь и её развитие в период Античности и Средние века?
3. Каков вклад К. Линнея в развитие биологии?
4. В чём сущность эволюционного учения Ж. Б. Ламарка?
5. Какие открытия XVIII—XIX вв. явились предпосылками для возникновения теории Ч. Дарвина?

Выполни задание

Подготовьте презентацию на одну из следующих тем: «Первые представления об эволюции в период Античности и Средние века», «К. Линней и его классификация организмов», «Вклад Ж. Б. Ламарка в развитие эволюционного учения».

Обсуди с товарищами

1. В чём суть выражения К. Линнея: «Система — это ариаднина нить ботаники, без неё гербарное дело превращается в хаос»?
2. В чём ошибочность представлений об органическом мире предшественников Ч. Дарвина?
3. Почему достижения селекции растений и животных явились важной предпосылкой создания эволюционной теории Ч. Дарвина?

Для любознательных

Люди науки

● Жан Батист Ламарк (1744—1829) — французский учёный-естествоиспытатель, создатель первой целостной теории эволюции органического мира. Сформировал представление о влиянии окружающей среды как причины возникновения многообразия живых существ. Ввёл термин «биология».

§ 26. ЧАРЛЗ ДАРВИН — ОСНОВОПОЛОЖНИК УЧЕНИЯ ОБ ЭВОЛЮЦИИ

• Какие открытия XVIII—XIX вв. способствовали созданию Чарлзом Дарвином эволюционной теории?
•• Каковы основные положения учения Ч. Дарвина?



Участие Ч. Дарвина в экспедиции. Основоположник теории эволюции Чарлз Роберт Дарвин родился 12 февраля 1809 г. в Англии, в небольшом городке Шрусбери в семье врача. После окончания в 1831 г. университета он отправился в качестве натуралиста в кругосветное путешествие на экспедиционном судне королевского флота «Бигль», после которого вернулся в Англию лишь 2 октября 1836 г. (рис. 96). В течение всего путешествия Дарвин тщательно

Рис. 96. Маршрут экспедиции Ч. Дарвина на корабле «Бигль»



Рис. 97. Скелеты ленивцев Южной Америки (справа — современный вид, слева — ископаемый)

записывает свои наблюдения и выводы. Путешествие на «Бигле» сыграло определяющую роль в формировании научных взглядов молодого исследователя. Войдя на корабль сторонником представления о неизменности живой природы, пять лет спустя, при возвращении домой, он был убеждён в способности видов изменяться и давать начало другим видам.



Рис. 98. Трёхпалый ленивец на дереве

Основные факты, инициировавшие изменение мировоззрения молодого натуралиста:

- *существует сходство и, следовательно, какая-то связь между вымершими и современными формами живых существ.* Во время экспедиции Дарвин обнаружил останки гигантских ленивцев (рис. 97, 98) и броненосцев. Виды этих животных, обитавших на тот момент в тех же местах, были очень похожи на вымерших, что навело Дарвина на мысль об их возможном родстве;
- *географические преграды способны приводить к возникновению в разных частях суши совершенно разной фауны.* Дарвин, побывавший на всех континентах, смог оценить, насколько животный мир, например, Австралии отличается от животного мира привычной для него Англии;
- *в пределах группы близких видов можно проследить изменчивость данных видов.* На Галапагосских вулканических островах Ч. Дарвин обнаружил разные виды вьюрков, которые отличались по размеру и строению клюва, но были очень похожи на материковый вид (рис. 99). Дарвин предположил, что когда-то, попав на острова с материка, птицы видоизменились, приспособившись к новым разным источникам питания (твёрдые семена, фрукты, насекомые).

Учение Ч. Дарвина об искусственном отборе. Вернувшись в Англию, Дарвин продолжил свои научные исследования. Он обратил внимание на существование двух противоположных явлений: наследственности и изменчивости, сделав абсолютно верный вывод о том, что именно наследственность и изменчивость лежат в основе эволюционных преобразований.

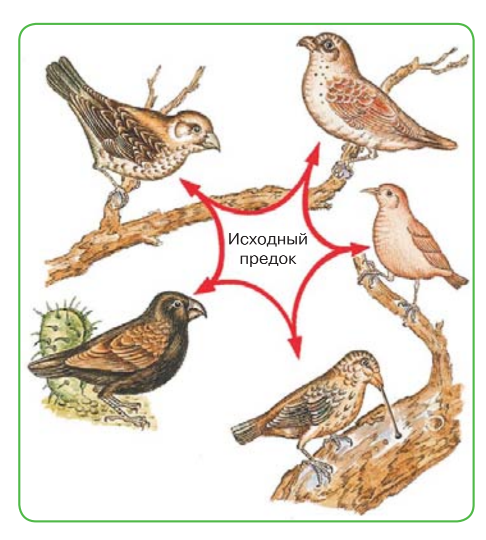


Рис. 99. Виды вьюрков, обитающие на Галапагосских островах

Дарвин различал определённую и неопределённую изменчивость. **Определённая**, или **групповая, изменчивость** возникает под влиянием факторов внешней среды и у всех особей проявляется одинаково. Например, при улучшении качества кормов коровы производят больше молока, а при внесении на поля удобрений увеличивается урожай сельскохозяйственных культур. Однако эти изменения не передаются следующему поко-

лению, и, чтобы получить высокий урожай в грядущем году, надо снова удобрять поля. Вы уже знаете, что в настоящее время эту форму изменчивости называют ненаследственной или модификационной.

Гораздо больше Дарвина заинтересовала другая форма изменчивости — **неопределённая**, или **индивидуальная**. Неопределённая изменчивость — это появление у отдельной особи нового признака, которого не было у предковых форм. Учёный считал, что именно неопределённая изменчивость обеспечивает возникновение новых видов, потому что она передаётся по наследству (в настоящее время известно, что одной из причин наследственной изменчивости являются мутации).

Именно эту форму изменчивости использовали английские селекционеры в процессе создания новых сортов растений и пород животных. Сторонники представления о неизменности видов утверждали, что каждая из существующих пород имеет своего дикого предка. Однако Дарвин доказал, что все 150 встречавшихся на тот момент в Англии пород голубей произошли от единого предка — дикого скалистого голубя (рис. 100), все породы коров — от дикого тура, а все сорта капусты, от брокколи до цветной, — от средиземноморской дикой капусты.

При создании новых сортов и пород селекционеры отбирали особей, у которых нужный признак был выражен наиболее ярко, и скрещивали их между собой. Следовательно, новые породы возникали за счёт целенаправленной деятельности человека, при этом человек использовал ***искусственный отбор*** — *процесс создания новых пород животных и сортов растений путём систематического сохранения и размножения особей с определёнными, ценными для человека признаками и свойствами в ряду поколений.*

Искусственный отбор являлся основным методом селекции с древних времён. Первоначально он был бессознательным — естественно, что человек отбирал наиболее здоровых особей или самые крупные растения. Но позднее, когда возможности селекции стали для людей очевидными, селекционеры начали ставить конкретные задачи и вести отбор по одному-двум признакам. Такой вариант искусственного отбора назвали *методическим*.

Учение Ч. Дарвина о естественном отборе. В искусственных условиях, например при се-



а

б



в



г

Рис. 100. Породы голубей: *а* — дикий скалистый голубь; *б* — луганский статный космоногий голубь; *в* — павлин чёрный; *г* — капуцин

лекционной работе, фактором, влияющим на закрепление какого-либо признака в потомстве, является человек. «Вот если бы удалось обнаружить в природе аналогично действующий фактор, проблема происхождения видов была бы решена», — рассуждал учёный.

Под впечатлением от работы Т. Мальтуса, в которой тот констатировал стремление организмов к безграничному размножению, Дарвин проанализировал закономерности размножения различных организмов. Как оказалось, несмотря на стремление каждого вида к размножению *в геометрической прогрессии*, количество взрослых особей остаётся приблизительно постоянным. Следовательно, бóльшая часть потомков гибнет в ***борьбе за существование***, не достигнув половой зрелости. Борьба за существование — это отношения между организмами, а также между организмами и неживой природой, приводящие к гибели менее приспособленных и выживанию наиболее приспособленных особей.

Побеждают же в борьбе за существование, а значит, оставляют потомство, как правило, организмы с полезными для данных условий обитания признаками. Результатом борьбы за существование является естественный отбор.

Процесс выживания и размножения наиболее приспособленных особей Дарвин назвал ***естественным отбором***, главной движущей силой, направляющей эволюционный процесс. Материал для этого отбора поставляет наследственная изменчивость. В процессе естественного отбора происходит постепенное накопление полезных для организмов изменений, что в итоге может привести к формированию нового вида.

Значение теории Дарвина. Теория эволюции была изложена в основном труде Ч. Дарвина «Происхождение видов путём естественного отбора или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь», опубликованном в 1859 г. Дарвин не был первым учёным, создавшим теорию эволюции (вспомните эволюционную теорию Ламарка!). Его главная заслуга состоит в том, что он *впервые научно объяснил механизмы эволюционного процесса* в целом и *видообразования* в частности. ***Основными факторами эволюции*** Дарвин считал *наследственную изменчивость*, *борьбу за существование* и *естественный отбор*.

В XX в. идеи Дарвина были подкреплены хромосомной теорией наследственности, результатами молекулярно-генетических и биохимических исследований, открытиями в эмбриологии и других областях биологии. В настоящее время теория эволюции, предложенная Дарвином, расширена и переработана в свете новых данных генетики, молекулярной биологии, палеонтологии, экологии. Она получила название **синтетической теории эволюции.**

Запомнить: определённая (групповая) изменчивость, неопределённая (индивидуальная) изменчивость; искусственный отбор; борьба за существование; естественный отбор; синтетическая теория эволюции.



ВЫВОДЫ

Английский натуралист и путешественник Ч. Дарвин впервые научно объяснил механизмы эволюции в целом и видообразования в частности. Свою теорию эволюции Дарвин изложил в труде «Происхождение видов путём естественного отбора или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». Основными факторами эволюции учёный считал наследственную изменчивость, борьбу за существование и естественный отбор.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Почему разные виды вьюрков, обитавшие на Галапагосских островах, различались по размеру и строению клюва?
2. Какие виды изменчивости выделял Ч. Дарвин?
3. Каким методом пользовались селекционеры при выведении новых сортов растений и пород животных?
4. В чём суть процесса борьбы за существование?
5. Что такое естественный отбор?

Выполни задания

1. Выпишите в тетрадь факты, изменившие мировоззрение молодого Ч. Дарвина.
2. Подготовьте презентацию на тему «Путешествие Ч. Дарвина на корабле «Бигль».

Обсуди с товарищами

1. Как один из основных факторов эволюции — естественный отбор — проявляется в человеческом обществе?
2. Что служит материалом для естественного отбора?

Выскажи мнение

Каково значение теории Ч. Дарвина для развития биологии?

§ 27. ВИД КАК ОСНОВНАЯ СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ КАТЕГОРИЯ ЖИВОГО. ПРИЗНАКИ ВИДА



- Что такое вид?
- Каковы основные критерии вида?

Вид как основная единица биологической систематики. Несмотря на то что каждый отдельный живой организм является уникальным, существует немало особей, обладающих высокой степенью сходства с ним. Данных особей можно объединить в некую систематическую группу, называемую *видом*.

Исторически понятие «вид» возникло ещё в эпоху Античности. Согласно Аристотелю, вид — это совокупность схожих между собой особей. Именно данное определение господствовало в научном мире на протяжении довольно длительного периода времени. Карл Линней, создавший учение о виде, считал, что вид состоит из многих схожих по строению особей.

В современной биологии ***видом*** называют *совокупность особей, обладающих сходными морфологическими и физиологическими признаками, способных к скрещиванию с образованием плодовитого потомства, населяющих определённый ареал (область обитания) и имеющих общее происхождение и сходное поведение*.

Таким образом, чтобы отнести организмы к одному виду, необходимо, чтобы они были похожи, давали потомство, которое, в свою очередь, сможет дать

потомство, и занимали общую территорию. Все характерные признаки и свойства, которыми одни виды отличаются от других, называют *критериями* или *признаками вида*.

Критерии вида. Существует несколько основных критериев вида.

Морфологический критерий — сходство внешнего и внутреннего строения организмов. Данный критерий является самым наглядным и самым древним: изначально именно по внешним признакам определяли принадлежность особи к какому-либо виду (рис. 101). Однако со временем оказалось, что данный критерий не является универсальным. Из-за существования внутривидовой изменчивости — разнообразия признаков среди представителей данного вида — определить вид конкретной особи порой бывает достаточно сложно (рис. 102). Кроме того, есть так называемые виды-двойники. Такими видами, например, являются подземная, обыкновенная и пашенная полёвки.

Генетический критерий. Каждый вид имеет определённый набор хромосом — кариотип, который отличается числом хромосом, их формой, размерами, строением. Генетический критерий опирается на различия в нуклеотидном составе молекул ДНК, отдельных генов, а также на разницу в том, как эти гены работают. Именно использование генетического критерия позволяет достоверно различать виды-двойники. Этот критерий является наиболее надёжным. Сделанный с его помощью вывод о принадлежности особи к тому или иному виду может считаться «истиной в последней инстанции».


а


в


г


б

Рис. 101. Различные виды белок:
а — пёстрая белка; *б* — обыкновенная белка;
в — японская белка; *г* — аризонская белка



Рис. 102. Бабочка голубянка икар: самец (слева) и самка (справа)

Физиологический критерий отражает сходство всех процессов жизнедеятельности у особей одного вида: одинаковые способы питания, размножения, сходные реакции на внешние раздражители, одинаковые биологические ритмы (периоды спячки или миграции). Например, у двух близких видов плодовой мушки-дрозофилы половая активность наблюдается в разное время суток: у одного вида — по утрам, у другого — в вечерние часы. Если всё-таки происходит скрещивание представителей разных видов, потомство от этого скрещивания, как правило, бесплодно. Однако, как у всякого правила, здесь есть свои исключения: известны некоторые виды, которые могут скрещиваться, производя плодовитых гибридов.

Биохимический критерий определяется сходством или различиями на уровне молекул и молекулярных процессов. Например, два сходных по строению вида грибов способны синтезировать различные антибиотики, по которым их довольно легко отличить друг от друга.

Географический критерий определяет область распространения, т. е. ареал вида (рис. 103). Размеры ареалов видов очень сильно различаются. Например, на территории европейской части России распространена серая ворона, в то время как в Западной Европе чаще встречается чёрная ворона.

Экологический критерий — место, занимаемое видом в экосистеме. В основе экологического критерия лежит представление о том, что каждый вид может существовать только в определённых условиях, выполняя соответствующую функцию в том или ином биогеоценозе. Например, лютик едкий произрастает на пойменных лугах, лютик ползучий — по берегам рек и канав, лютик жгучий — на заболоченных местах. Однако существуют виды, которые не имеют строгой приуроченности к экосистеме. Во-первых, это *синантропы* — организмы, жизнь которых связана с человеком и его жильём (домовые мыши, тараканы и т. д.). Во-вторых, это виды, которые находятся под опекой человека: комнатные и культурные растения, домашние животные.

Для представителей царства животных существует ещё ***этологический критерий*** — присущие только данному виду особенности поведения.

Каждый критерий вида имеет определённые достоинства и недостатки. Не существует одного абсолютного критерия вида, представители разных видов могут совпадать по некоторым критериям. Поэтому для определения видовой принадлежности каждого конкретного организма необходимо использовать все критерии в совокупности.

Сколько видов на Земле. По самым приблизительным оценкам, в настоящее время на Земле обитает несколько миллионов видов живых организмов. Только беспозвоночных насчитывают более 1,8 млн видов, при этом каждый год описывают сотни новых, и учёные считают, что большинство беспозвоночных животных, в основном пауков, насекомых и круглых червей, до сих пор неизвестны науке. Более 450 тыс. видов растений, около 100 тыс. видов грибов, огромное количество видов бактерий и простейших населяют нашу планету, создавая то неповторимое единство, частью которого являемся и мы с вами.



Рис. 103. Ареалы распространения серой вороны и чёрной вороны

К сожалению, в наше время виды исчезают быстрее, чем их успевают обнаружить и описать. Часто это происходит в результате разрушения мест их обитания. Утрата любого вида невосполнима, ведь каждый вносит свой уникальный вклад в формирование биосферы Земли, в которой существует и человек как биологический вид.

Структура вида. В природе особи любого вида внутри ареала распределены неравномерно: где-то они образуют скопления, а где-то могут вообще отсутствовать. Частично или полностью изолированные группировки особей одного вида называют *популяциями* (от лат. *populus* — народ, население). Таким образом, в естественных условиях любой вид состоит из совокупности популяций.

Запомнить: вид; критерии вида: морфологический, генетический, физиологический, биохимический, географический, экологический, этологический; структура вида.



ВЫВОДЫ

Характерные признаки и свойства, которыми одни виды отличаются от других, называют критериями или признаками вида. Выделяют несколько основных критериев вида: морфологический, генетический, физиологический, биохимический, географический, экологический, этологический.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое вид?
2. Почему для определения вида учёные используют совокупность разных критериев?
3. Что такое популяция? Приведите примеры популяций животных и растений вашего края.
4. Почему важно сохранить многообразие видов?

Выполни задания

1. Выпишите в рабочую тетрадь критерии вида, охарактеризуйте каждый из них.
2. Приведите примеры известных вам популяций одного вида.

Обсуди с товарищами

Составьте списки известных вам видов растений и животных. Проанализируйте списки, разбейте виды на группы, основываясь лишь на экологическом критерии вида.

Выскажи мнение

Можно ли оценивать значимость того или иного вида в природе, опираясь только на его роль в жизнедеятельности человека?

§ 28. Популяция как структурная единица вида



- • Что такое вид?
- •• Что является структурной единицей вида?

***Вид** — это сложная биологическая система, которая формируется в процессе эволюции в определённых условиях*. Как и любая система, вид имеет внутреннюю структуру. Наиболее распространённой внутривидовой структурной единицей является *популяция*[1]. ***Популяция** — это совокупность особей одного вида, в течение достаточно длительного времени (большого числа поколений) населяющих определённую территорию внутри ареала вида, свободно скрещивающихся между собой и частично или полностью изолированных от других подобных совокупностей*. Внутри популяции можно выделить более мелкие подразделения: стаи, семьи, стада, которые могут легко исчезать, разделяться, образовываться заново.

В пределах ареала вида популяции, как правило, распределены неравномерно. Это связано с условиями существования: там, где они наиболее благоприятны, популяций больше и их численность выше. На границах ареала вида популяции обычно немногочисленны.

Каждая популяция имеет свою определённую структуру и характеризуется конкретными параметрами. **Ареал популяции** — часть территории в пределах ареала вида, которую занимает популяция. У разных видов ареалы популяций могут существенно отличаться по площади (рис. 104). У популяции копыт-

[1] Впервые термин «популяция» был введён датским генетиком В. Иогансеном в 1903 г.



Рис. 104. Ареал распространения лося на территории РФ

ных животных, например оленей, ареал одной популяции будет во много раз больше, чем ареал популяции грызунов. Ареал популяции не фиксированная величина, он может меняться год от года и даже в течение одного года, особенно для видов, склонных к сезонным миграциям.

Численность популяции и её динамика. Численность, т. е. количество особей в популяции можно определить несколькими способами. Первый, самый достоверный и точный, — измерение **общей численности** популяции. Как правило, это сопряжено с рядом трудностей: непросто определить, сколько грызунов живёт в норках на определённой территории или сколько оленей обитает во всём лесу. Поэтому обычно используют относительные показатели, например плотность популяции. **Плотность популяции** — это численность или биомасса особей популяции, обитающих на единице площади или сосредоточенных в единице объёма (например, для водных животных). Например, достаточно просто посчитать численность деревьев на участке леса, а вот чтобы подсчитать рыбу в озере, гораздо удобнее знать её биомассу на единицу объёма водоёма.

Численность популяции может меняться с течением времени в результате изменений условий внешней среды, колебаний уровней смертности и рождаемости, миграции особей.

Основными демографическими параметрами, характеризующими динамику популяций, являются **рождаемость** и **смертность** — количество особей популяции, родившихся или умерших за определённый период времени, по отношению к определённому числу особей. Разницу между рождаемостью и смертностью называют **естественным приростом** (если она положительная) или **естественной убылью** (в случае отрицательного значения) популяции.

Численность популяций многих видов из года в год сохраняется на некоем среднем уровне. Однако, например, у грызунов есть собственные циклы численности популяций (рост, пик, спад и депрессия), которые не зависят от условий окружающей среды. Внешние условия могут лишь замедлить (или ускорить)

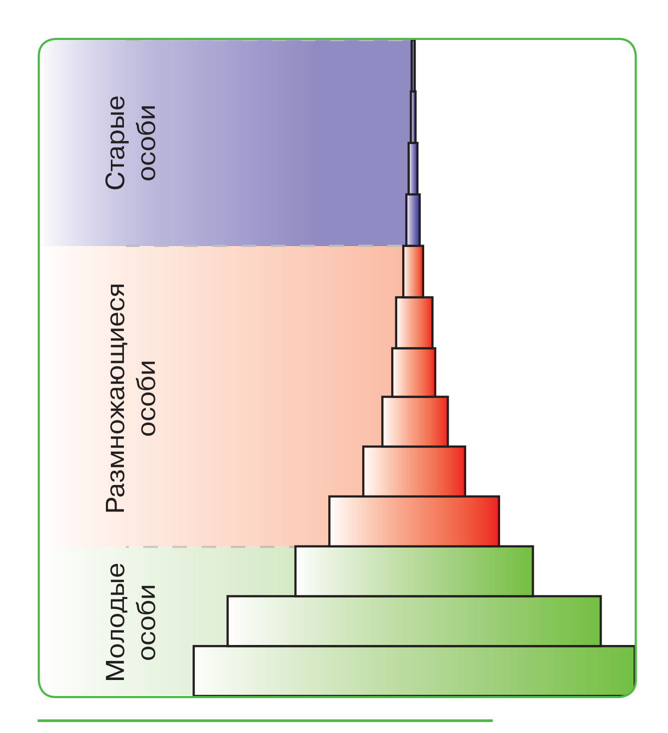


Рис. 105. Пирамида возрастов

прохождение какой-либо стадии. Например, в годы с высоким урожаем кормов численность популяций зайцев, белок, леммингов растёт гораздо быстрее.

Численность популяции может очень быстро увеличиться, если исчезнут виды, сдерживающие её рост. Так произошло с популяциями насекомых-вредителей в Китае после того, как там были уничтожены воробьи.

Изучение демографических параметров популяций имеет большое практическое значение. Так, при заготовке древесины для правильного планирования интенсивности рубок важно знать скорость восстановления леса. Некоторые популяции животных человек использует для получения ценного пищевого или пушного сырья, изучение других важно с медико-санитарной точки зрения (например, популяции мелких грызунов — носителей возбудителей опасных заболеваний).

Состав популяции. Любую популяцию образуют особи, различающиеся по полу и возрасту.

Половая структура популяции — соотношение количества самцов и самок в популяции. Исходно в большинстве популяций, согласно законам генетики, соотношение полов составляет 1:1, однако в дальнейшем это соотношение может измениться из-за различной выживаемости особей разного пола. Кроме того, встречаются и необычные случаи: так, у некоторых видов, способных размножаться без оплодотворения (дафнии, тли и др.), популяции на определённых стадиях жизненного цикла состоят только из самок. Половая структура популяций не определяется у животных-гермафродитов (например, дождевых червей).

Возрастная структура популяции — соотношение численности особей разного возраста в популяции (рис. 105). Это очень важный параметр, позволяющий прогнозировать развитие популяции: половозрелые особи, скорее всего, дадут потомство, молодёжь подрастёт до взрослого состояния, самые старые особи умрут. Чем шире возрастной состав популяции, тем устойчивее она к действию внешних факторов. Популяции, состоящие из множества следующих друг за другом поколений, имеют сложную возрастную структуру. В других популяциях возрастная структура может быть очень простой, например у однолетних растений популяции состоят из равновозрастных особей.

Совместное использование данных о возрастной структуре популяции и распределении полов по возрастам позволяет более точно предсказывать направление развития популяции.

Будучи целостной динамичной структурой, существующей во времени и пространстве, *популяция* является *элементарной единицей вида, способной к эволюционным изменениям*.



Запомнить: вид, популяция; ареал популяции, численность популяции, общая численность, плотность популяции; рождаемость, смертность, естественный прирост, естественная убыль; половая структура популяции, возрастная структура популяции.

ВЫВОДЫ

Наиболее распространённой внутривидовой структурной единицей является популяция. Каждая популяция имеет свою определённую структуру и характеризуется конкретными параметрами.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое популяция?
2. Охарактеризуйте понятие «ареал популяции».
3. Как можно определить численность особей популяции?
4. Какие причины могут привести к резкому увеличению численности популяции?
5. Какие сведения о популяции помогают предсказать её дальнейшее развитие?

Выполни задание

В рабочей тетради запишите определения понятий «половая структура популяции», «возрастная структура популяции».

Обсуди с товарищами

1. Почему признаки и свойства популяции или вида нельзя изучать на примере одной особи?
2. Как вы понимаете выражение: «Виды в природе существуют в форме популяции»?

Выскажи мнение

Правильно ли считать, что основными параметрами, характеризующими динамику популяций, являются рождаемость и смертность?

Для любознательных

Это интересно

● У каждой популяции существует свой биотический потенциал — скорость, с которой могла бы расти её численность при наличии неограниченного пространства, пищи, при отсутствии хищников, паразитов и конкуренции со стороны других видов. Этот показатель отражает максимум потомков от одной пары (или одной особи) за единицу времени. Зная биотический потенциал определённого вида, можно рассчитать, что вся поверхность Земли могла бы быть заселена бактериями менее чем за двое суток, серой крысой за 8 лет, клевером ползучим за 11 лет.

§ 29. ПОПУЛЯЦИЯ КАК ЕДИНИЦА ЭВОЛЮЦИИ



- Что такое популяция?
- Почему вид не может быть единицей эволюции?

Элементарная единица эволюции. Эволюция — это очень длительный процесс, продолжающийся тысячи и миллионы лет, поэтому на уровне отдельной особи он не происходит, хотя в течение жизни каждый организм претерпевает определённые изменения. Генотип любой особи определяется в момент оплодотворения, а её история заканчивается в момент смерти. Эволюция может происходить только в группе особей.

Элементарная единица эволюции должна быть представлена во времени и в пространстве как некое единое целое, быть способной наследственно изменяться во времени и реально существовать в определённых природных условиях. Этим условиям полностью удовлетворяет популяция: она реально существует в природе как целостная структура и способна наследственно изменяться во времени. В популяции непрерывно идёт борьба за существование, в результате чего проявляется действие естественного отбора — в случае гибели одних особей и выживания других, более приспособленных, изменяется состав популяции. Совокупность данных факторов и позволяет определить популяцию как ***элементарную единицу эволюции***.

Популяция представляет собой общность организмов одного вида, каждый из которых обладает определённым генотипом. Совокупность генотипов всех особей популяции называют **генофондом популяции**.

В любой популяции генотипы особей отличаются друг от друга, т. е. любая популяция неоднородна по своему генотипическому составу. Если в течение длительного времени условия окружающей среды более или менее постоянны, генотипический состав популяции остаётся практически неизменным. Однако при изменении условий преимущество получат лишь особи, обладающие определёнными свойствами и признаками, полезными в новой ситуации. Оставив потомство, именно они смогут передать свои признаки и свойства, а следовательно, и гены следующему поколению.

Разберём конкретный пример. В условиях Крайнего Севера в популяции песца преимущество получали особи, обладающие густым мехом (рис. 106). В морозные зимы в первую очередь погибали животные с недостаточно густым, а значит, недостаточно тёплым меховым покровом, соответственно они не могли передать свои гены следующему поколению. Постепенно в генофонде популяции накапливались гены, отвечающие за развитие густого и тёплого зимнего меха. В данном примере элементарной единицей эволюции является популяция песцов.

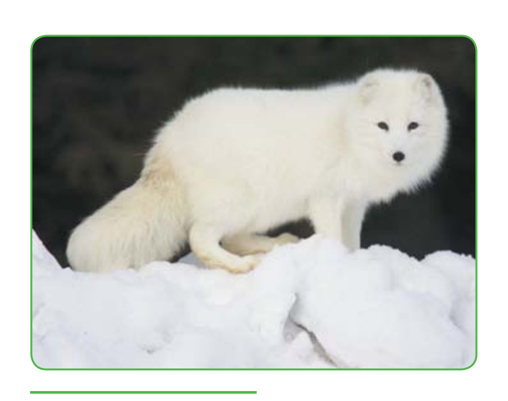


Рис. 106. Арктическая лисица — песец

Условия, необходимые для осуществления эволюции. Следует заметить, что наличие по-

пуляции ещё не подразумевает существование эволюции — направленного изменения живых организмов.

Для осуществления эволюционного процесса необходимо наличие трёх групп факторов, действующих на популяцию:

1) фактора, вызывающего изменения в генофонде популяции (*наследственная изменчивость*, поставляющая в популяцию новый эволюционный материал);

2) фактора, который способствовал бы разделению одной исходной популяции на две или более новые (*изоляция*). Наличие нескольких популяций внутри одного вида, разделённых определёнными барьерами, позволит каждой из них эволюционировать самостоятельно, что в дальнейшем может привести к формированию новых видов;

3) фактора, который бы направил эволюционный процесс в сторону закрепления в популяции определённых адаптаций и изменений живых организмов (*естественный отбор*).

Все эти факторы вместе должны оказывать особое влияние на популяцию, определяя её дальнейшую судьбу в структуре своего вида. Причём чем больше разнообразие особей в популяции и чем интенсивнее идёт борьба за существование, тем быстрее и эффективнее происходит естественный отбор.

Запомнить: элементарная единица эволюции; генофонд популяции; условия, необходимые для осуществления эволюции.



ВЫВОДЫ

Эволюция очень длительный процесс, который может происходить только в группе особей. Элементарной единицей эволюции является популяция.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Почему виды существуют в природе только в форме популяций?
2. Что такое генофонд популяции?
3. Что является элементарной единицей эволюции?

Выполни задание

Перечислите условия, необходимые для осуществления эволюции.

Обсуди с товарищами

Почему единицей эволюции считают популяцию, а не вид в целом?

Выскажи мнение

Существует ли взаимосвязь между скоростью и эффективностью осуществления естественного отбора и уровнем разнообразия особей в популяции? Ответ аргументируйте.

§ 30. ОСНОВНЫЕ ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ЭВОЛЮЦИИ В ПРИРОДЕ



- Что такое изменчивость?
- Что является главной движущей силой эволюции?

Наследственная изменчивость. *Фактором, обеспечивающим популяцию новым генетическим материалом и новыми комбинациями этого материала, является* ***наследственная изменчивость.***

У всех организмов с определённой частотой возникают различные мутации. Они не имеют приспособительного значения, т. е. являются той самой неопределённой наследственной изменчивостью, которую имел в виду Дарвин. Степень полезности мутации определяется условиями среды, в которых находится конкретная популяция. При изменении этих условий изменяется и значимость мутаций: то, что вредно для организма в одной ситуации, может оказаться полезным в другой. Большинство мутаций в популяции не задерживаются, потому что, как правило, мутации снижают адаптивность организмов, и особи из-за этого часто не доживают до половой зрелости. Однако те мутации, которым удалось закрепиться (в основном рецессивные), увеличивают генетическое разнообразие популяции.

Наследственная изменчивость, вызывающая изменения в генофонде популяции, относится к первой группе факторов эволюции. Однако для дальнейшего независимого развития популяции на основе её собственного генофонда необходима изоляция данной популяции от других подобных.

Изоляция. ***Изоляция*** *— это ограничение или полное отсутствие возможности свободного скрещивания особей разных популяций.* Пока между популяциями существует обмен генами, они не могут накопить существенных генетических различий. Изоляция приводит к прекращению обмена генетической информацией и превращает популяцию в самостоятельную генетическую систему.

Пространственная изоляция связана с существованием географических преград между популяциями, например горных хребтов, пустынь, водоёмов и др. (рис. 107).

При *репродуктивной* (*биологической*) *изоляции* скрещивание между популяциями становится невозможным, если особи этих популяций, обитающие на одной территории, предпочитают разные условия обитания или, например, имеют различия в половом поведении (у особей из разных популяций птиц одного вида различаются ритуалы ухаживания и брачные песни).

Итак, такие факторы эволюции, как наследственная изменчивость и изоляция, изменяют генофонд популяций и обеспечивают их независимое существование, создавая условия для действия главного эволюционного фактора — *естественного отбора.*

Естественный отбор — главная движущая сила эволюции. ***Естественный отбор*** *— это преимущественное выживание и размножение наиболее приспособленных особей каждого вида и гибель менее приспособленных организмов.* Именно естественный отбор является тем третьим необходимым фактором, который направляет эволюционный процесс и обеспечивает закрепление в популяции определённых изменений.

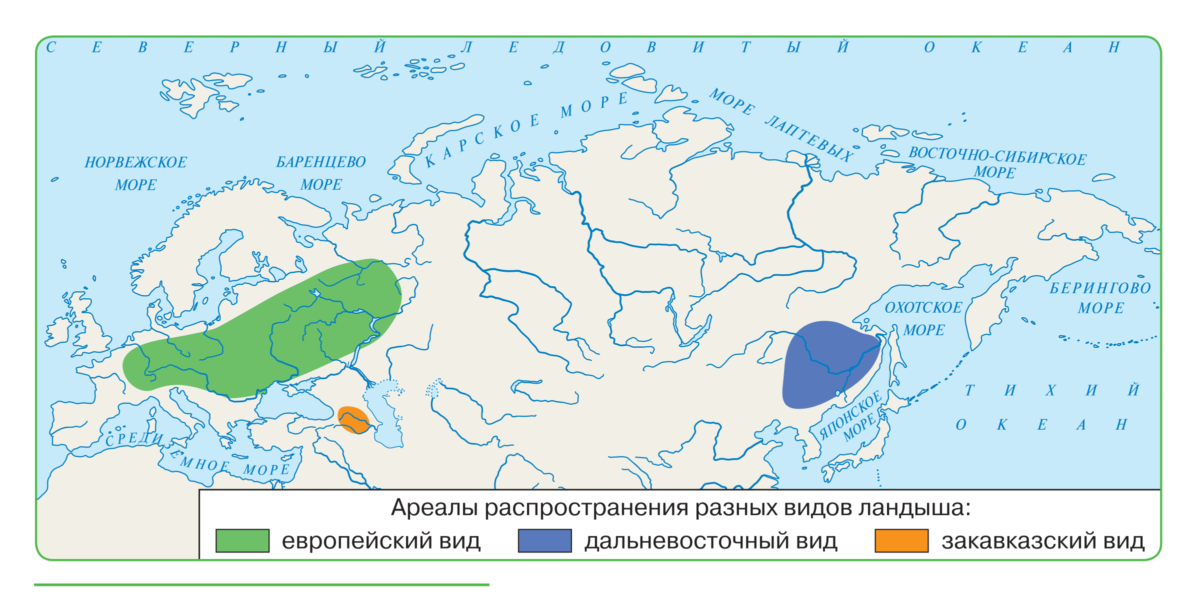


Рис. 107. Ареалы распространения разных видов ландыша

Естественный отбор основывается на *генетическом разнообразии* и *избыточной численности особей* в популяции. Генетическое разнообразие создаёт материал для отбора, а избыточное количество особей приводит к возникновению конкуренции и, как следствие, к борьбе за существование.

В основе естественного отбора лежит ***борьба за существование.*** Причиной же борьбы за существование является несоответствие между уровнем рождаемости организмов и возможностями окружающей среды обеспечить существование всех родившихся особей. Например, треска за один нерест вымётывает более миллиона икринок. Но поскольку в течение множества лет численность трески на Земле остаётся примерно одинаковой, можно заключить, что до состояния половой зрелости доживают в среднем только две рыбы из этого огромного числа. Папоротник разбрасывает за сезон около миллиарда спор, но земной шар до сих пор не покрыт зарослями папоротника, следовательно, из этого миллиарда лишь одна спора достигает взрослого состояния. Все остальные икринки, споры, семена, детёныши или погибают, или, вырастая, не оставляют потомства. Это и есть результат борьбы за существование, в которой обычно с большей вероятностью выживают и оставляют потомство особи, максимально приспособленные к данным условиям обитания и имеющие определённые преимущества. Наименее приспособленные имеют меньше шансов оставить потомство и чаще погибают. Таким образом, *естественный отбор — это результат борьбы за существование.*

Дарвин выделял **три формы борьбы за существование:** межвидовую, внутривидовую и борьбу с неблагоприятными факторами внешней среды.

Межвидовая борьба — это взаимоотношения между особями разных видов (рис. 108). Они

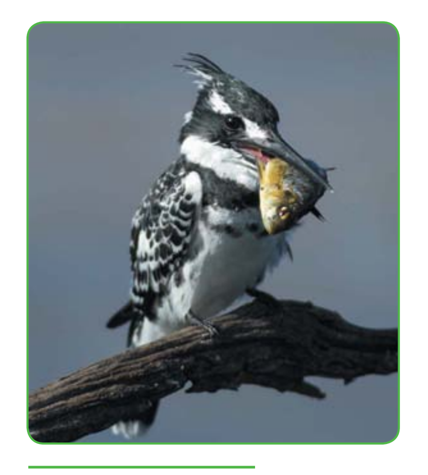


Рис. 108. Межвидовая борьба: хищник и жертва

могут быть очень жёсткими (хищники поедают травоядных животных, травоядные вытаптывают растительность, паразиты заражают хозяина) или приносить пользу обоим видам, увеличивая их шанс на выживание (птицы питаются плодами и одновременно распространяют семена).

Внутривидовая борьба происходит между особями одного вида. Дарвин считал её самой напряжённой, потому что организмы, принадлежащие к одному и тому же виду, имеют сходные потребности. У животных эта борьба проявляется в конкуренции за пищу и территорию, у многих растений — в затенении других особей за счёт более быстрого роста (рис. 109). Самцы многих видов в период размножения вступают в борьбу за право создать семью. Брачные турниры приводят к половому отбору, когда потомство оставляет более сильный самец, а слабые или больные исключаются из процесса размножения, и их гены не передаются потомкам.



а



б

Рис. 109. Внутривидовая борьба: *а* — одновозрастные сосны; *б* — дерущиеся тигры

Борьба с неблагоприятными факторами внешней среды — возможность или стремление попасть в условия с оптимальными освещённостью, влажностью, содержанием минеральных веществ и пр. Эта форма борьбы имеет большое значение для выживания организмов: в засушливое лето немало растений погибает (рис. 110), наводнения уносят жизни многих животных, не все организмы могут пережить морозную зиму.



Рис. 110. Борьба с неблагоприятными факторами внешней среды

Важно понимать, что естественный отбор не создаёт новые генотипы или фенотипы[1], он лишь служит механизмом отсеивания наименее приспособленных и выживания наиболее приспособленных организмов в бесконечной борьбе за существование. Творческая роль естественного отбора в природе состоит в том, что из всего многообразия ненаправленных наследственных изменений отбираются и закрепляются только те, которые обеспечивают популяции или виду в целом оптимальные приспособления к данным условиям существования.

[1] Фенотип — совокупность признаков и свойств организма, которые являются результатом взаимодействия генотипа особи и окружающей среды.

Запомнить: наследственная изменчивость; изоляция: пространственная и репродуктивная (биологическая); естественный отбор; борьба за существование: межвидовая, внутривидовая, борьба с неблагоприятными факторами внешней среды.

ВЫВОДЫ

Основными движущими силами эволюции в природе являются наследственная изменчивость, изоляция и естественный отбор. В основе естественного отбора лежит борьба за существование. Выделяют три формы борьбы за существование: межвидовую, внутривидовую и борьбу с неблагоприятными факторами внешней среды.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Какова роль наследственной изменчивости в эволюционном процессе?
2. Что такое изоляция?
3. На чём основывается естественный отбор?
4. Может ли естественный отбор создавать новые генотипы или фенотипы?

Выполни задания

1. Перечислите и охарактеризуйте возможные виды изоляции популяций.
2. Предложите схему эксперимента по изучению действия естественного отбора.

Обсуди с товарищами

1. Чем вы можете объяснить, что внутривидовая борьба является самой острой формой борьбы за существование?
2. Оказывает ли влияние борьба организмов с неблагоприятными условиями среды на другие формы борьбы за существование?
3. Можно ли считать все причины, вызывающие гибель организма, результатом естественного отбора?

Выскажи мнение

Согласны ли вы со следующим утверждением: «В ходе естественного отбора сохраняются только те наследственные изменения, которые обеспечивают популяции вида оптимальные приспособления к данным условиям»?

Для любознательных

Это интересно

● Вопрос о движущих силах эволюции до сих пор вызывает споры среди учёных. Дело в том, что эволюционная теория рассматривает происходящие эволюционные изменения в относительно стабильных условиях. Однако известно, что на нашей планете неоднократно происходили глобальные катастрофы, вызванные падениями крупных метеоритов, изменением магнитного поля Земли, резкими колебаниями солнечной активности. Это вызывало серьёзные изменения живой природы.

§ 31. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭВОЛЮЦИИ: многообразие видов, приспособленность организмов к среде обитания



- Каковы движущие силы эволюции?
- Каков механизм возникновения приспособления организмов к условиям существования?

Каждая группа организмов оптимально приспособлена к тем условиям среды, в которых она обитает. Эта приспособленность — результат действия движущих сил эволюции в данных условиях существования. Приспособленность повышает шансы организмов на выживание и оставление потомства, т. е. помогает таким особям выиграть борьбу за существование и передать свои гены следующим поколениям.

В ходе естественного отбора в любой популяции сохраняются те признаки и свойства, которые обеспечивают особям этой популяции оптимальные приспособления к условиям обитания. Для обозначения приспособлений к разным условиям жизни, которыми популяции отличаются друг от друга, Ч. Дарвин использовал термин **адаптации** (от лат. *adaptation* — приспособление). Поскольку условия обитания организмов разнообразны, столь же разнообразны и адаптации к ним. Приспособления затрагивают внешние и внутренние признаки и свойства организмов, особенности размножения и поведения, т. е. существует множество различных форм приспособлений организмов к окружающей среде.

Морфологические адаптации. Эти адаптации связаны с особенностями строения тела. У Дарвина любимым примером подобных адаптаций служил дятел. В своей книге «Происхождение видов путём естественного отбора» Дарвин писал: «Можно ли привести более разительный пример приспособления, чем дятел, лазящий по стволам деревьев и вылавливающий насекомых в трещинах коры?» Ярким примером адаптаций к разным типам питания является разнообразная форма птичьих клювов (рис. 111).

а



б



Рис. 111. Разнообразная форма птичьих клювов: *а* — розовый пеликан; *б* — степной орёл


а


б

Рис. 112. Покровительственная окраска: *а* — леопард; *б* — пятнистый олень

Плоская форма тела придонных рыб и торпедообразное тело акул, густой шерстный покров у северных млекопитающих, гибкое тело у норных животных — это примеры морфологических адаптаций у животных.

Подобные формы адаптаций существуют и в растительном царстве. В высокогорных районах и в тундре большинство растений представлены стелющимися и подушковидными формами, которые устойчивы к сильным ветрам, зимой легко укрываемы снегом и потому не повреждаются в сильные морозы.

Покровительственная окраска. Такая окраска служит прекрасным способом защиты от врагов для многих видов животных. Благодаря ей животные становятся менее заметными. Эти адаптации очень важны для видов, не имеющих эффективных средств защиты от хищников, а также для самих хищников, которым необходимо скрываться в засаде. Неразличимы в траве зелёные кузнечики, в пустыне — песочно-жёлтые ящерицы, на снегу — зайцы-беляки. Сливаются с общим фоном местности самки птиц, гнездящихся на земле.

У некоторых животных существует характерная яркая окраска, образованная чередованием светлых и тёмных полос или пятен (тигры, леопарды, пятнистые олени, детёныши кабана) (рис. 112). Такая окраска имитирует чередования света и тени в окружающей природе и делает животных менее заметными в густых зарослях.

Маскировка. Хорошим средством защиты от врагов служит *маскировка* — соответствие формы тела объектам неживой природы. Сходство с предметами окружающей среды позволяет многим животным избегать нападения хищников. В классе насекомых существует отряд Привиденьевые, или Палочники, представители которого поразительно похожи на палочки, ветки или листья (рис. 113). Даже у такого крупного животного, как выпь, форма и окраска тела таковы, что позволяют ей, стоя в камышах, оставаться почти незаметной для хищников.



Рис. 113. Маскировка (палочник)

Предостерегающая окраска. У ряда животных вместо покровительственной окраски развивается предостерегающая, или угрожающая. Как правило, такая окраска харак-



Рис. 114. Детско-родительское взаимодействие — пример поведенческой адаптации

терна для жалящих или имеющих ядовитые железы насекомых (осы, шмели).

Мимикрия. Многие безобидные животные в процессе эволюции приобрели сходство с ядовитыми видами. Это явление подражания беззащитного вида хорошо защищённым и имеющим предостерегающую окраску неродственным видам называют **мимикрией** (от греч. *mimikos* — подражательный). Наиболее ярким примером служат мухи-журчалки, которые расцветкой и формой тела напоминают ос.

Физиологические адаптации. Они связаны с перестройкой обмена веществ. Без таких адаптаций невозможно поддержание *гомеостаза* — относительного постоянства химического состава и интенсивности течения физиологических процессов — в постоянно меняющихся условиях внешней среды. Человек не может долго обходиться без пресной воды из-за особенностей своего солевого обмена, но птицы и рептилии, проводящие бо́льшую часть жизни в морских просторах и пьющие морскую воду, приобрели специальные железы, которые позволяют им быстро избавляться от избытка солей в воде.

Поведенческие адаптации. Особый тип поведения в тех или иных условиях имеет очень большое значение для выживания в борьбе за существование. Затаивание или отпугивающее поведение при приближении врага; запасание корма на неблагоприятный период года; сезонные миграции — это далеко не полный перечень разнообразных типов поведения, возникающих в ходе эволюции в качестве приспособлений к конкретным условиям существования.

Особую важность имеют поведенческие адаптации, связанные с продолжением рода. Брачные отношения: выбор партнёра, образование семьи, а также забота о потомстве — являются врождёнными и видоспецифичными, т. е. у каждого вида существует свой набор рефлексов полового и детско-родительского поведения (рис. 114).

Относительный характер адаптаций. Все виды адаптаций полезны лишь в конкретных условиях окружающей среды. При изменении условий приспособления могут потерять свою ценность или даже стать вредными, т. е. адаптации обладают **относительной целесообразностью.** Например, устойчивость к тем или иным ядохимикатам у насекомых будет бесполезной, если человек уже перестал их применять. Белая зимняя окраска зайцев становится опасной в периоды оттепелей или в малоснежные зимы. Если внешние условия изменятся очень резко, новые адаптации не успеют сформироваться, что приведёт к вымиранию больших групп организмов.

Многообразие видов как результат эволюции. Итак, в результате действия движущих сил эволюции у организмов возникают и совершенствуются адаптации к условиям окружающей среды. Закрепление в изолированных популяциях различных адаптаций может в итоге привести к образованию новых подвидов и видов, т. е. к видообразованию. Этот важнейший начальный этап эволюционного процесса называют ***микроэволюцией.***

Запомнить: адаптации: морфологические, физиологические, поведенческие; покровительственная окраска, маскировка, предостерегающая окраска, мимикрия; относительная целесообразность адаптаций; микроэволюция.

ВЫВОДЫ

Каждая группа организмов оптимально приспособлена к тем условиям среды, в которых она обитает. Существует множество различных форм приспособленности организмов к окружающей среде: морфологические и физиологические адаптации, покровительственная окраска, маскировка, мимикрия, предостерегающая окраска и др. Все виды адаптаций полезны лишь в конкретных условиях окружающей среды.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое адаптация?
2. Каков механизм возникновения адаптации?
3. В чём суть физиологической адаптации?
4. Как объяснить возникновение мимикрии у животных?
5. Какова роль покровительственной окраски?

Выполни задания

1. Охарактеризуйте основные виды адаптаций.
2. Приведите примеры адаптаций у животных и растений вашего края.

Обсуди с товарищами

1. Почему любая адаптация имеет относительный характер?
2. С чем связан тот факт, что у животных, заботящихся о своём потомстве, всегда рождается небольшое количество детёнышей?

Выскажи мнение

Как вы считаете, если эволюционный процесс, в ходе которого образуются новые подвиды, виды, называют микроэволюцией, то какие эволюционные преобразования относят к категории макроэволюции?

Проводим исследование

Лабораторная работа

Выявление у организмов приспособлений к среде обитания

Цель: научиться выявлять относительный характер адаптаций у организмов.

Материалы и оборудование: живые объекты, предложенные учителем; информационные карточки об изучаемых объектах (систематическое положение, среда обитания).

Ход работы

1. Рассмотрите объекты (форма тела, окраска, видоизменение органов) и изучите информацию о них, определите среду их обитания.
2. Определите наличие морфологических адаптаций, связанных с условиями жизни.

3. Результаты исследования оформите в виде таблицы:

Вид	Характеристика среды и места обитания	Черты приспособленности

4. Определите, будут ли иметь адаптивное значение выявленные особенности строения объектов, если организмы поместить в новые, отличающиеся от прежних условия.
5. Изучив все предложенные организмы и заполнив таблицу, на основании знаний о движущих силах эволюции объясните механизм возникновения приспособлений и запишите общий вывод.

Для любознательных

Это интересно

● Не только люди могут похвастаться огромным разнообразием профессий. Аналоги многих из них демонстрируют представители животного царства. Среди животных встречаются «каменщики», «плотники», «портные», «инженеры путей сообщения», «производители консервов» и «представители многих других профессий».

Некоторые стенные пчёлы изготавливают из глинисто-известковой земли и собственной слюны почти полное подобие римского цемента и строят из него на камнях настолько прочные жилища, что их можно разрушить лишь с помощью металлического инструмента.

Среди птиц прекрасными «каменщиками» являются ласточки. Деревенские ласточки строят свои гнёзда в обжитых людьми местах или по соседству с ними. Гнёзда обычно сделаны из жирной земли (чернозёма), которую птица собирает клювом и перемешивает со слюной для придания земле твёрдости, а также с шерстью и стебельками травы. Такое гнездо весит около 300 г, а так как клюв у ласточки очень мал, для постройки одного домика ей приходится совершать до пятисот вылетов.

Некоторые перепончатокрылые насекомые (наездники или осы) изготавливают «консервы» для выкармливания своих личинок. На «консервы» идут жуки, сверчки, гусеницы, кузнечики и другие насекомые. Наездник откладывает в тело жертвы яйцо. Вылупившаяся личинка может в течение долгого времени питаться своим «домом», поедая при этом именно те части тела жертвы, без которых та остаётся живой, а значит, «продукт питания» сохраняет свежесть... Благодаря такому поведению некоторые наездники приносят большую пользу сельскому хозяйству, уничтожая вредных гусениц.

§ 32. УСЛОЖНЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ РАСТЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭВОЛЮЦИИ. Происхождение основных систематических групп растений



- • Какие отделы выделяют в царстве растений?
- •• Как происходила эволюция растений?

В предыдущих курсах биологии вы уже познакомились с основными систематическими группами живых организмов, обитающих на нашей планете. Вам известны особенности их строения и жизнедеятельности, их жизненные циклы

и приспособления к условиям окружающей среды. Теперь предстоит обобщить всё то, что вы знаете о представителях основных двух царств живых существ — Растений и Животных в свете знаний об эволюционном процессе. Рассмотрим, как происходило усложнение организации растений и животных в процессе эволюции, когда появились основные систематические группы организмов, каковы их предковые формы.



Рис. 115. Осадочные породы с ископаемыми организмами

Характерными чертами биологической эволюции являются её непрерывность и преемственная связь между ныне живущими организмами и древними обитателями планеты. Теория эволюции, предложенная Дарвином, в дальнейшем была расширена и дополнена трудами многих учёных. Современные научные данные позволили точно установить, как и в какой последовательности шло развитие животного и растительного мира на нашей планете.

Большой вклад в восстановление хронологии основных эволюционных событий внесла ***палеонтология*** — *наука об организмах, существовавших в прошлые геологические периоды и сохранившихся в виде ископаемых останков, а также следов жизнедеятельности*. Чем глубже расположен слой осадочных пород с окаменелостями, следами или отпечатками, пыльцой или спорами, тем древнее эти ископаемые организмы (рис. 115). Сравнение окаменелостей различных пластов горных пород позволило выделить в истории Земли несколько временных периодов, которые отличаются друг от друга особенностями геологических процессов, климатом, появлением и исчезновением определённых групп живых организмов.

Биологическую историю Земли подразделяют на **эры**, эры делят на **периоды**, а в периодах выделяют *эпохи*, или *отделы*.

Наша планета возникла около 4,5 млрд лет назад, а эпоха биологической эволюции, которая продолжается и сейчас, наступила на нашей планете около 3,9 млрд лет назад.

В настоящее время растения заселяют огромные территории суши и Мирового океана, образуя растительный покров нашей планеты, но так было не всегда.

Архейская эра. Жизнь зародилась в водной среде, потому что только вода могла защитить организмы от солнечного и космического излучений. Первыми живыми организмами на нашей планете были гетеротрофы — организмы, которые усваивали органические вещества из «первичного бульона». Обходились они без кислорода, которого в первичной атмосфере Земли было очень мало. По строению эти первые одноклеточные организмы напоминали современных бактерий[1].

[1] Данные о заселении прокариотами новых водоёмов с экстремальными условиями свидетельствуют о том, что в основном первыми начинают осваивать новую среду организмы, которые сочетают гетеротрофный и автотрофный типы питания. Так что, возможно, первые организмы на Земле были *миксотрофами* — организмами, способными не только усваивать готовые органические вещества, но и использовать энергию, выделяющуюся при окислении неорганических соединений (хемосинтез).

Шло время, запасы питательных веществ в первичном океане истощались. Преимущество в конкурентной борьбе получили те, кто научился использовать в качестве источника энергии солнечный свет. Более 3 млрд лет назад возникли первые автотрофные организмы. Важнейшим событием архейской эры стало появление кислородного фотосинтеза — в атмосфере начал накапливаться кислород.

Протерозойская эра. Около 2,5 млрд лет назад началась протерозойская эра, продолжавшаяся почти 2 млрд лет. В этот период, около 2 млрд лет назад, количество кислорода в воздухе достигло 1% от его содержания в современной атмосфере. Учёные считают, что такой концентрации было достаточно для появления организмов, способных использовать кислород при дыхании. В результате сложного симбиоза разных групп прокариот сформировались и начали активно развиваться эукариоты. Образование ядра повлекло за собой возникновение митоза, а в дальнейшем и мейоза. Это дало возможность появиться половому размножению. Первые одноклеточные зелёные водоросли, имевшие настоящее ядро, стали родоначальниками всех современных групп растений.

Важнейший этап эволюции живой природы — появление **многоклеточности** начался около 2,1 млрд лет назад. В результате резко увеличилось многообразие организмов. Появилась возможность специализации клеток, образования тканей и органов. Первыми многоклеточными растительными организмами в древнем океане стали **водоросли.**

Постепенное увеличение количества кислорода в атмосфере привело к формированию озонового слоя, защитившего Землю от ультрафиолетового излучения, поэтому жизнь могла завоёвывать и сушу. Согласно современным научным данным около 700 млн лет назад на сушу вышли грибы, возможно, образовав вместе с древними водорослями первые **лишайники**.

Палеозойская эра. Палеозойская эра началась 541 млн лет назад и длилась около 289 млн лет. В это время на планете продолжались интенсивные горообразовательные процессы, сопровождавшиеся высокой вулканической активностью, сменяли друг друга оледенения, периодически на сушу наступали и отступали от неё моря.

В палеозойской эре выделяют шесть периодов: кембрийский (кембрий), ордовикский (ордовик), силурийский (силур), девонский (девон), каменноугольный (карбон) и пермский (пермь).

Важнейшим периодом в эволюции растительного мира современные учёные считают ***силур***. Именно тогда предки современных растений вышли на сушу, дав начало всем высшим растениям. Первыми наземными споровыми растениями стали *куксонии*, от которых в **девоне** произошли **риниофиты**.

От первых примитивных споровых растений произошли все папоротникообразные. Расцвета эти растения достигли 350 млн лет назад в ***каменноугольный период***, когда климат на Земле был влажным и тёплым (рис. 116). Гигантские леса из древовидных хвощей, плаунов и папоротников покрывали Землю. Именно остатки этих древних растений человечество использует в качестве топлива (каменный уголь).

В конце каменноугольного периода климат сменился на холодный и сухой, и споровые растения оказались перед угрозой вымирания. В данных условиях преимущество получили растения, размножение которых не зависело от наличия воды, а зародыш был защищён от возможных неблагоприятных воздействий. В результате изменения климата по планете широко расселились **семен-**



Рис. 116. Лес каменноугольного периода

ные папоротники[1], возникшие ещё в начале карбона. Они потеснили споровые растения и в дальнейшем дали начало всем семенным растениям. Семенные растения лучше приспособлены к жизни на суше, чем споровые: процесс оплодотворения у них не зависит от наличия воды, а зародыш и запас питательных веществ для его развития находятся внутри семени.

Мезозойская эра. Около 252 млн лет назад началась мезозойская эра. Она длилась примерно 186 млн лет и включала три периода: триасовый, юрский и меловой. В течение почти всего мезозоя на суше господствовали *голосеменные растения.*

В ***триасовый период*** семенные папоротники вымерли практически полностью. В ***юрском периоде*** на Земле господствовали папоротники и голосеменные растения. Но уже в течение ***мелового периода*** появились и быстро распространились **покрытосеменные (цветковые) растения**, постепенно вытеснившие голосеменные и папоротникообразные. Цветковые растения имели значительные преимущества перед голосеменными: двойное оплодотворение, обеспечение зародыша большим количеством запасных питательных веществ, защита семени околоплодником и др. Некоторые покрытосеменные растения, возникшие в меловом периоде, сохранились до наших дней (дубы, ивы, эвкалипты, пальмы).

Кайнозойская эра. Начавшаяся около 66 млн лет назад кайнозойская эра продолжается и в настоящее время. Она подразделяется на три периода: палеогеновый и неогеновый, общей продолжительностью 63,5 млн лет, и антропогеновый, который начался 2,5 млн лет назад.

В ***палеогене*** на суше господствовали покрытосеменные растения (субтропические леса). В ***неогене*** климат стал более сухим, образовались степи, широко распространились однодольные травянистые растения. А четыре гигантских оледенения ***антропогена*** полностью изменили растительный облик планеты. Между Азией и Северной Америкой, Европой и Британскими островами воз-

[1] В настоящее время на смену термину «семенные папоротники» приходит термин «палеозойские голосеменные».

никли сухопутные «мосты», что способствовало широкому расселению видов. В дальнейшем началось глобальное потепление, многие растения вымерли, сформировалась современная флора.

Крупнейшее событие антропогена — появление человека, чья деятельность стала ведущим фактором дальнейших изменений в животном и растительном мире Земли.



Запомнить: палеонтология; эры: архейская, протерозойская, палеозойская; периоды; многоклеточность; лишайники, водоросли, риниофиты, семенные папоротники, голосеменные растения, покрытосеменные (цветковые) растения.

ВЫВОДЫ

В процессе эволюции происходило постепенное усложнение организации живых организмов. Современные научные данные позволяют проследить, как и в какой последовательности шло развитие растительного мира на нашей планете.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что изучает палеонтология?
2. Почему первые живые организмы возникли в воде?
3. Когда появилась многоклеточность, какие преимущества она дала организмам?
4. Какова роль озонового слоя атмосферы?
5. Какими растениями был представлен растительный мир в палеозойскую эру?
6. В каком направлении шла эволюция растений в мезозойскую эру?

Выполни задания

1. Назовите основные преимущества семенных растений перед споровыми.
2. Приведите примеры растений, сохранившихся на нашей планете с мелового периода.

Обсуди с товарищами

1. В каких направлениях шла эволюция растений на суше?
2. Какие особенности риниофитов позволили им выжить и развиваться на суше?
3. Что позволило покрытосеменным растениям занять господствующее положение на Земле?

Работа с моделями, схемами, таблицами

Заполните в рабочей тетради таблицу «История развития органического мира (растений)»

Эра	Период	Продолжительность	Развитие растительного мира

§ 33. УСЛОЖНЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОТНЫХ В ПРОЦЕССЕ ЭВОЛЮЦИИ. Происхождение основных систематических групп животных

- Что изучает палеонтология?
- Как происходила эволюция животных?



В предыдущем параграфе мы познакомились с основными эпохами биологической истории Земли и проследили за последовательным усложнением организации растительных организмов. Теперь рассмотрим поэтапно, как шло историческое развитие животного мира.

Протерозойская эра: от одноклеточных к многоклеточным. Важнейшим событием протерозойской эры стало появление ядерных одноклеточных организмов, от которых произошли все современные типы одноклеточных. Наиболее сложное строение из ныне живущих простейших имеют многоядерные инфузории и колониальные жгутиковые.

Следующим крупным событием на пути эволюции животных организмов (как и для растений) стало возникновение **многоклеточности**, что способствовало резкому увеличению их многообразия. Специализация клеток, образование тканей и органов привели к распределению функций между разными частями тела, что усложняло и строение, и поведение организмов. Первыми многоклеточными организмами среди животных были примитивные существа, близкие к колониальным жгутиковым. Их тело состояло из двух слоёв клеток: наружного — эктодермы и внутреннего — энтодермы.

Палеозойская эра: развитие хордовых. Дальнейшее развитие животного мира связано с появлением животных, развивающихся из трёх зародышевых листков, — эктодермы, мезодермы и энтодермы. Одни из первых трёхслойных животных напоминали ныне живущих ресничных червей. Появление мускулатуры позволило им активно передвигаться.

В начале палеозойской эры возникли и достигли высокой степени сложности все известные ныне группы беспозвоночных (губки, кишечнополостные, черви, иглокожие, членистоногие, моллюски). На рубеже **кембрия** и ордовика появились первые хордовые организмы. В ***ордовике*** увеличилось разнообразие животного мира океана, это время расцвета медуз и кораллов[1]. Появилось множество всевозможных древних моллюсков и членистоногих — **трилобитов** (рис. 117). В морях обитали животные, похожие на современного ланцетника.

В ***силуре*** климат стал более сухим, уве-



Рис. 117. Представитель кембрийской фауны — трилобит

[1] Следует отметить, что это не те кораллы, которые существуют в настоящее время. Нынешние кораллы появились позже, в мезозое, а древние группы кораллов вымерли.



Рис. 118. Кистепёрая рыба

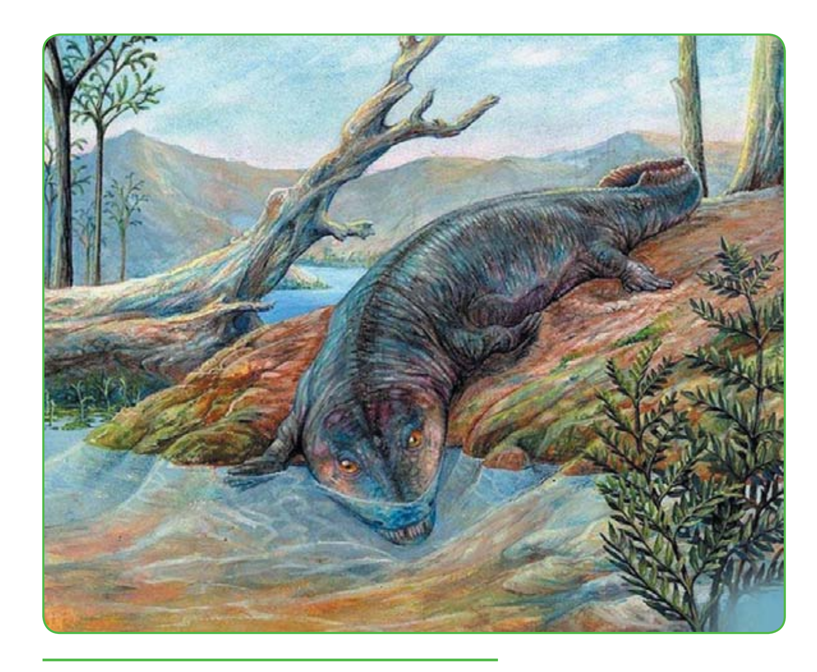
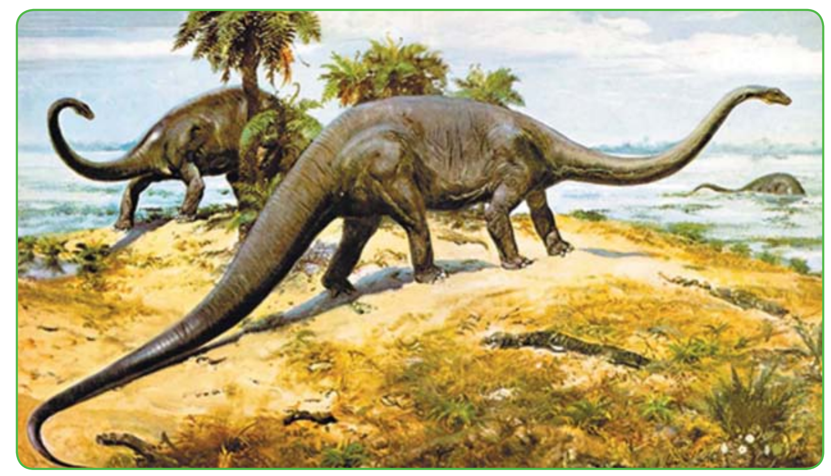


Рис. 119. Стегоцефалы — первые наземные позвоночные

личилась площадь суши. В морях первые настоящие позвоночные — бесчелюстные постепенно уступали место рыбам, которые от них и произошли. Как уже упоминалось, важнейшим событием силура стал выход на сушу споровых растений — *куксоний*, вслед за которыми на сушу вышли древние паукообразные, защищённые от сухого воздуха хитиновым панцирем.

В ***девоне*** от куксоний произошли риниофиты. В морях появились кистепёрые *рыбы*, имеющие, помимо жабр, органы воздушного дыхания — мешковидные лёгкие, а также мускулистые плавники со скелетом, напоминающим скелет пятипалой конечности (рис. 118). Учёные предполагают, что именно от кистепёрых рыб и произошли первые наземные позвоночные (рис. 119) — **стегоцефалы**[1] (земноводные).

[1] Сейчас этот термин уходит из употребления. Учёные называют этих животных *лабиринтодонтами*.



а



б

Рис. 120. Животный мир мезозойской эры: *а* — бронтозавр; *б* — хищный динозавр тираннозавр

В ***карбоне*** в лесах из древовидных хвощей, плаунов и папоротников обитали первые крылатые насекомые. Влажный и тёплый климат карбона способствовал расцвету земноводных. В связи с лёгочным дыханием у земноводных сформировались трёхкамерное сердце и два круга кровообращения. Но размножались амфибии, откладывая икру в воду, и оплодотворение у них было наружное. В связи с этим они не могли освоить удалённые от воды территории.

В ***пермский период*** палеозойской эры климат стал более холодным и сухим, поэтому группы организмов, полностью зависимые от воды, начали приходить в упадок. Сократилось разнообразие амфибий, вымерли многие морские животные. Основными хозяевами суши стали пресмыкающиеся, появившиеся ещё в карбоне, которые оказались более приспособленными к новым условиям.

Мезозойская эра: расцвет пресмыкающихся. ***Триасовый период*** — начало расцвета *динозавров*, чьи роговые покровы защищали кожу от высыхания, а размножение не зависело от водной среды (рис. 120). Важнейшим достижением эволюции этого периода стало возникновение **теплокровности**. Появи-



Рис. 121. Белые скалы, состоящие из мела — разновидности известняка (Англия)

лись первые **млекопитающие**, предками которых были пресмыкающиеся. Ещё больше сократилось видовое разнообразие амфибий.

Юрский период — это время господства пресмыкающихся и голосеменных растений. Пресмыкающиеся заселили сушу и водоёмы, а некоторые даже освоили воздушное пространство. Размеры отдельных древних рептилий были огромными: так, длина *брахиозавра* составляла 25 м и вес 36 т, а самый крупный динозавр — *сейсмозавр* достигал 40–50 м в длину и весил около 140 т. В конце юрского периода появились *археоптериксы* — позвоночные, которых раньше считали предками птиц, и одновременно первые *настоящие птицы*. Как и млекопитающие, птицы произошли от древних пресмыкающихся.

Меловой период характеризуется появлением многих отрядов *млекопитающих*. В лесах увеличилось разнообразие насекомых. В конце мелового периода массово вымерли динозавры. Название мелового периода связано с образованием мела в морских отложениях того времени (рис. 121). Он возник из остатков раковинок древних простейших — фораминифер (рис. 122).

Кайнозойская эра: господство птиц и млекопитающих. Уже в начале кайнозойской эры — в ***палеогене*** — господствующее положение заняли **млекопитающие** и **птицы.** Они захватили практически все освободившиеся после вымирания пресмыкающихся места на суше, в воде и в воздухе. В палеогене сформировалось большинство современных отрядов млекопитающих, появились первые примитивные *приматы*[1].

В ***неогене*** климат стал суше. Отступление лесов и формирование широких открытых пространств (степей, саванн) способствовали появлению первых *человекообразных обезьян*. Сформировались виды животных, близкие к современным.



Рис. 122. Раковины фораминифер

[1] Современные данные молекулярной биологии позволяют предположить, что первые приматы появились ещё раньше, в середине мелового периода.





Рис. 123. Мамонт

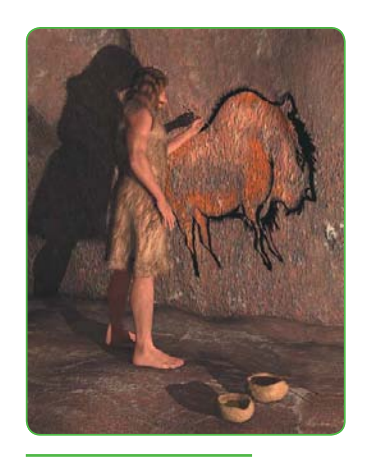


Рис. 124. Древний человек в пещере

Похолодание и четыре гигантских оледенения в ***антропогеновый период*** привели к появлению млекопитающих, приспособленных к суровому климату: мамонтов (рис. 123), шерстистых носорогов, овцебыков. По сухопутным «мостам» между Азией и Северной Америкой, Европой и Британскими островами мигрировали и расселялись по всему земному шару многочисленные виды животных и человек (рис. 124). С наступлением глобального потепления вымерли многие крупные млекопитающие, сформировалась современная фауна.

Запомнить: многоклеточность; трилобиты, рыбы, стегоцефалы, динозавры; теплокровность; млекопитающие; птицы.



ВЫВОДЫ

В процессе эволюции происходило постепенное усложнение организации живых организмов. Современные научные данные позволяют проследить, как и в какой последовательности шло развитие животного мира на нашей планете.

Думай, делай вывод, действуй

Проверь свои знания

1. Каковы важнейшие события эволюции животных организмов в протерозойскую эру?
2. Какими организмами был представлен животный мир палеозоя?
3. Когда достигли своего расцвета пресмыкающиеся?
4. В каком направлении шла эволюция животных в мезозойскую эру?
5. Какие животные господствовали в кайнозойскую эру?

Выполни задания

1. Используя текст параграфа, укажите эры (периоды), когда появились на Земле следующие животные организмы: ланцетники, костные рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, высшие млекопитающие, настоящие птицы.

2. Объясните, какие особенности строения птиц и млекопитающих позволили им занять господствующее положение на планете.

Обсуди с товарищами

Чем обусловлено сходство растительного и животного мира Евразии и Северной Америки?

Выскажи мнение

Как, по вашему мнению, происходила бы эволюция на Земле, если бы в её процессе не сформировался Человек разумный?

Работа с моделями, схемами и таблицами

Заполните в рабочей тетради таблицу «История развития органического мира (животных)»

Эра	Период	Продолжительность	Развитие животного мира

Для любознательных

Это интересно

● В настоящее время доказано, что часть лабиринтодонтов, живших в карбоне, были яйцеживородящими с прямым развитием. Они меньше зависели от водной среды и могли отходить от водоёмов на значительные расстояния.

§ 34. Применение знаний о наследственности, изменчивости и искусственном отборе при выведении новых пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов



• Каковы причины многообразия сортов растений и пород животных?
•• В чём суть метода гибридизации?

На современном этапе своего развития человек покорил все уголки нашей планеты, постиг суть множества физических, химических и биологических процессов, происходящих в живой природе, а также смог направить эти процессы на реализацию собственных потребностей. За счёт развития медицины снизилась смертность, выросла продолжительность жизни. Это привело к резкому увеличению скорости прироста населения: если в 1900 г. на планете жили менее 2 млрд человек, то в 2011 г. численность населения планеты перевалила за 7 млрд (рис. 125). Увеличение численности и продолжительности жизни населения, истощение плодородных почв, банкротство многих сельскохозяйственных предприятий и некоторые другие причины привели к тому, что пищевых ресурсов стало не хватать: пищи потребляется больше, чем её производится.

В изменившихся условиях возникла необходимость интенсификации сельскохозяйственного производства, т. е. получения максимального количества продукции при минимальных затратах. С этой целью создаются высокопродуктивные породы животных и сорта растений, устойчивые к экстремальным условиям среды, к болезням и вредителям, обладающие нужными людям качествами. Наукой, занимающейся созданием новых и улучшением существующих сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов, является **селекция** (от лат. *selectio* — отбор). Одновременно под селекцией понимают и сам процесс создания сортов, пород и штаммов. **Порода**, **сорт** или **штамм** — это совокупность особей одного вида, искусственно созданных человеком, обладающих определёнными сходными наследственными свойствами.

Основными классическими методами селекции являются *отбор* и *гибридизация*. Как вы уже знаете, в природе фактором, отбирающим тот или иной организм, является естественный отбор. Главная движущая сила эволюции — естественный отбор основывается на генетическом разнообразии особей, т. е. материал для эволюции поставляет наследственная изменчивость. В искусственных условиях роль естественного отбора принадлежит человеческой деятельности. Но в своей работе человек опирается на ту же наследственную изменчивость.

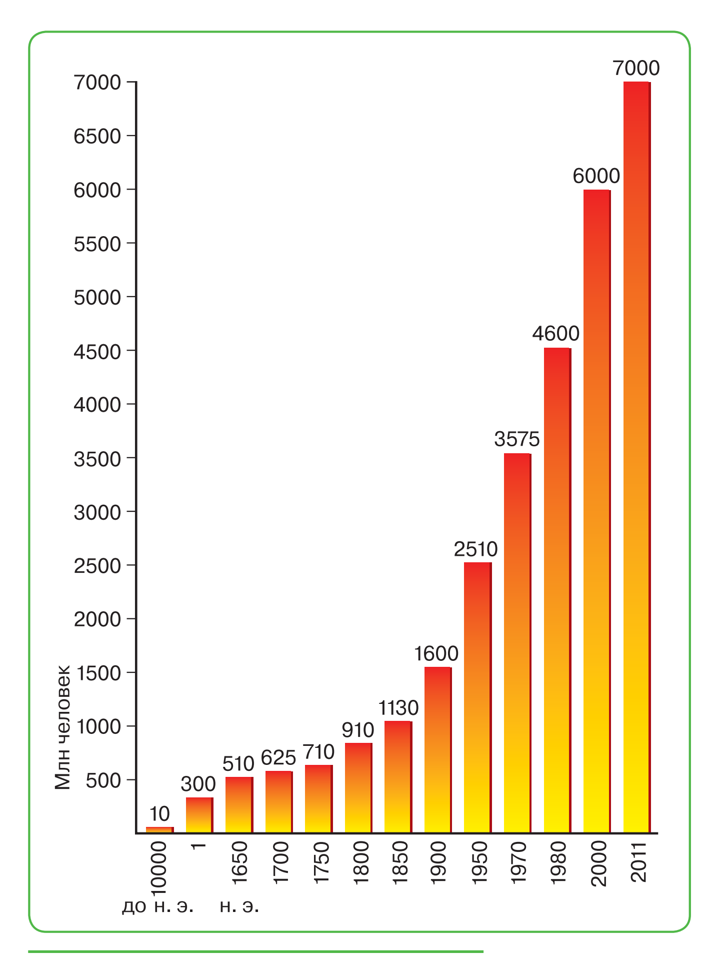


Рис. 125. Динамика изменения численности населения Земли



а



б

Рис. 126. Домашние животные и их предки: *а* — дикий кабан; *б* — домашняя свинья

Возникновение селекции. Искусственный отбор. Больше 10 тыс. лет назад человечество перешло к оседлому образу жизни и оказалось в полной зависимости от тех видов растений и животных, которые оно могло использовать в качестве своих пищевых и хозяйственных ресурсов. Спустя некоторое время человеку уже было недостаточно того, что возле его дома пасутся коровы и бегают куры, в поле растёт пшеница, а в саду — яблони. Он хотел, чтобы коровы давали много молока, куры несли много яиц, зёрна пшеницы были крупными, а яблоки не только крупными, но и сладкими. Возникла необходимость улучшать качество культурных растений и домашних животных, т. е. заниматься селекцией. На заре человеческой цивилизации начался процесс, который Дарвин впоследствии назвал **искусственным отбором**. При бессознательном искусственном отборе люди не ставят перед собой какой-либо конкретной цели, а просто отбирают лучших, на их взгляд, особей и стараются получить от них как можно больше потомства. Значительного разнообразия пород и сортов при таком методе получить невозможно. Методический отбор осуществляется человеком по конкретному плану с целью выведения новой породы или сорта, обладающего определёнными качествами.

Одним из первых одомашненных животных был волк, прирученный в Азии более 10 тыс. лет назад. Вскоре были одомашнены и другие животные (рис. 126).

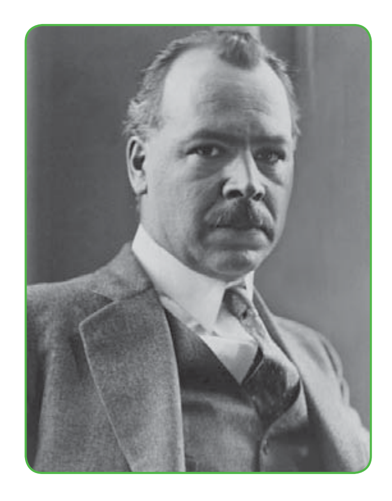


Рис. 127. Н. И. Вавилов

Параллельно происходило окультуривание растений. Каждое из ныне используемых культурных растений имеет свою историческую родину, где оно когда-то было дикорастущим. Выдающийся российский генетик, ботаник и географ *Николай Иванович Вавилов* (1887–1943) (рис. 127) в ходе многочисленных экспедиций собрал образцы местных дикорастущих растений и их культурных сортов и определил, где находятся **центры происхождения культурных растений** (рис. 128). Выяснилось, что родиной картофеля, томата, какао и многих других культурных растений является Южная Америка, родиной риса — Южная Азия, пшеницы, ржи, винограда, моркови — Юго-Западная Азия, капусты, маслин, свёклы — Средиземноморье и т. д.

Методический отбор позволил ещё до нашей эры вывести множество пород домашних

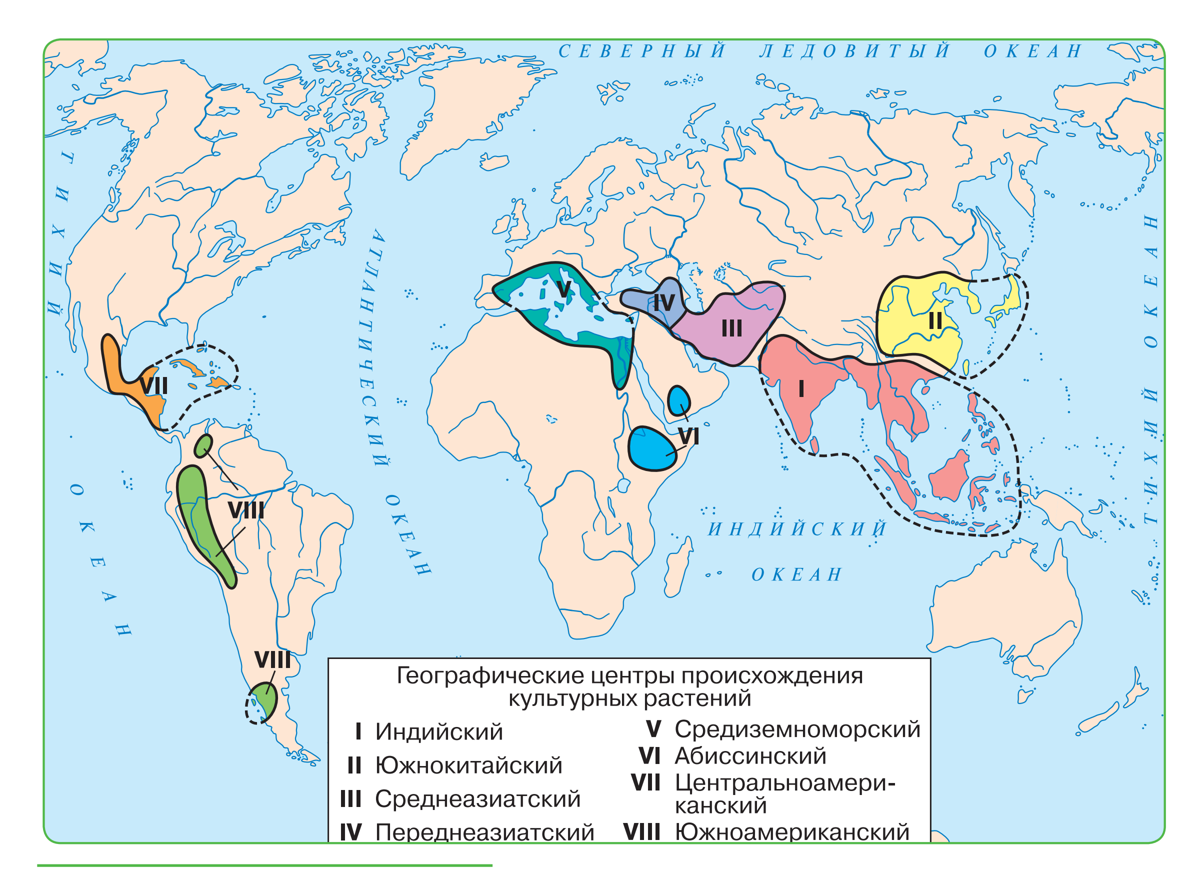


Рис. 128. Центры происхождения культурных растений

животных и сортов растений. В Древнем Китае и Древнем Египте уже существовало несколько сортов пшеницы и ячменя, а также пород лошадей и крупного рогатого скота. В настоящее время в мире насчитывается около 50 сортов томатов, 400 сортов пшеницы, 10 тыс. сортов яблони, а также около 150 пород лошадей и 400 пород крупного рогатого скота.

Гибридизация. С давних времён, помимо отбора особей с желаемыми признаками, применяли *гибридизацию* — близкородственную и неродственную. Используя **близкородственную гибридизацию**, селекционеры сохраняют обнаруженный оригинальный или полезный признак. **Неродственную гибридизацию** подразделяют на отдалённую и внутривидовую. При *внутривидовой гибридизации* скрещивают особей разных пород или сортов, обладающих определёнными качествами, для получения потомства с максимальным проявлением этих качеств. Например, один сорт растений обладает высокой продуктивностью, но легко подвергается грибковым болезням. Другой сорт, обладая высокой устойчивостью к заболеваниям, производит гораздо меньше семян. Скрещивая эти два сорта, в потомстве можно получить различные сочетания признаков, среди которых будут высокопродуктивные и одновременно устойчивые к заражению растения. *Отдалённая гибридизация* — это скрещивание разных видов. В растениеводстве с помощью отдалённой гибридизации была создана новая зерновая культура — тритикале, гибрид ржи с пшеницей. Классическим примером межвидовых гибридов в животноводстве является мул, полученный при


а

б


в

Рис. 129. Мул — пример межвидовой гибридизации: *а* — мул; *б* — осёл; *в* — кобыла

скрещивании осла с кобылицей (рис. 129). Мул значительно превосходит родителей по выносливости и работоспособности.

Искусственный мутагенез и полиплоидия. Одним из современных направлений селекции является **искусственный мутагенез**. Подвергая организм воздействию проникающего излучения и химических веществ, вызывающих мутации, учёные получают организмы с новыми полезными свойствами. Таким способом были созданы новые высокоурожайные сорта ячменя и пшеницы, штаммы бактерий и разновидности грибов, синтезирующие витамины, пищевые аминокислоты, антибиотики и другие вещества. Увеличивая число хромосомных наборов в клетках растений, селекционеры получают **полиплоидные растения**. Эти организмы отличаются более крупными размерами и высокой урожайностью. Широко распространены полиплоидные сорта клевера, сахарной свёклы, ржи, гречихи.

В настоящее время для сельскохозяйственного производства человечество использует около 10% всей поверхности суши. Увеличивать эту долю становится всё сложнее. Тем большее значение приобретает селекционная работа учёных, которые, опираясь на основные закономерности наследственности и изменчивости, создают новые высокопродуктивные породы, сорта и штаммы. В последние десятилетия в селекции активно используются приёмы и методы генной и клеточной инженерии, имеющие несравнимо более высокие возможности по сравнению с традиционными.



Запомнить: селекция; порода, сорт, штамм; гибридизация близкородственная и неродственная (отдалённая и внутривидовая); искусственный отбор; центры происхождения культурных растений; искусственный мутагенез; полиплоидные растения.

ВЫВОДЫ

Селекция — наука о создании новых и улучшении существующих сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов. Основными классическими методами селекции являются отбор и гибридизация.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Чем занимается наука селекция?
2. Что такое штамм, сорт, порода?
3. Каковы основные методы селекции?
4. Что дало науке открытие Н. И. Вавиловым мировых центров происхождения культурных растений?

Выполни задания

1. Перечислите и охарактеризуйте основные виды гибридизации.
2. Подготовьте презентацию о Н. И. Вавилове — всемирно известном учёном-генетике, ботанике, селекционере, географе.
3. Составьте список известных вам сортов растений и пород животных, характерных для вашего края.

Обсуди с товарищами

1. В чём сходство и различия между искусственным и естественным отбором?
2. Почему выведение новых и улучшение существующих пород и сортов — важное государственное дело, имеющее большое экономическое и народнохозяйственное значение?

Выскажи мнение

Как вы считаете, почему полиплоидные сорта растений отличаются более крупными размерами и высокой урожайностью?

Для любознательных

Люди науки

● **Николай Иванович Вавилов** (1887—1943) — выдающийся естествоиспытатель, ботаник, генетик, селекционер, агроном, географ и путешественник. Организатор и участник 180 экспедиций в 65 стран, в ходе которых были определены мировые центры происхождения культурных растений, собрана уникальная, крупнейшая в мире коллекция семян дикорастущих растений и их культурных сортов.

Это интересно

● *Биотехнология* — это использование организмов, биологических систем или биологических процессов в промышленном производстве. Термин «биотехнология» получил широкое распространение с середины 70-х гг. XX в., хотя ещё с древних времён человечество использовало микроорганизмы в хлебопечении и виноделии, при изготовлении пива и в сыроварении. Любое производство, в основе которого лежит биологический процесс, можно считать биотехнологическим. Биотехнология даёт возможность не только получать важные для человека продукты, например антибиотики и гормон роста, этиловый спирт и кефир, но и создавать организмы с заданными свойствами гораздо быстрее, чем позволяют традиционные методы селекции. Удобными объектами биотехнологии являются микроорганизмы, имеющие сравнительно просто организованный геном, короткий жизненный цикл и обладающие большим разнообразием свойств. Существуют биотехнологические способы очистки сточных вод, переработки отходов, удаления нефтяных разливов в водоёмах, получения топлива. Все они основаны на особенностях жизнедеятельности ряда микроорганизмов.

Основное содержание раздела

Эволюционное учение — это наука о причинах, движущих силах, механизмах и общих закономерностях преобразования живых существ во времени. Представления об изменяемости окружающего мира возникли ещё многие тысячи лет назад, однако первая эволюционная теория была создана только в начале XIX в. Ж. Б. Ламарком, но многие её положения оказались ошибочными.

Английский натуралист и путешественник Ч. Дарвин впервые научно объяснил механизмы эволюции вообще и видообразования в частности. Свою теорию эволюции Дарвин изложил в труде «Происхождение видов путём естественного отбора или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь».

Характерные признаки и свойства, которыми одни виды отличаются от других, называют критериями или признаками вида. Наиболее распространённой внутривидовой структурной единицей является популяция. Каждая популяция имеет свою структуру и характеризуется конкретными параметрами. Популяция также является и элементарной единицей эволюции.

Основные движущие силы эволюции — это наследственная изменчивость, изоляция и естественный отбор. В основе естественного отбора лежит борьба за существование. Выделяют три формы борьбы за существование: межвидовую, внутривидовую и борьбу с неблагоприятными факторами внешней среды.

Каждая группа организмов оптимально приспособлена к тем условиям среды, в которых она обитает. Существует множество различных форм приспособленности организмов к окружающей среде: морфологические и физиологические адаптации, покровительственная окраска, маскировка, мимикрия, предостерегающая окраска и др.

В процессе эволюции происходило постепенное усложнение организации живых организмов. Современные научные данные позволяют проследить, как и в какой последовательности шло развитие растительного и животного мира на нашей планете.

Знания о наследственности, изменчивости и искусственном отборе используют при выведении новых пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов. Основными классическими методами селекции являются отбор и гибридизация.





Раздел 4. ЭКОСИСТЕМЫ

Все живые существа на Земле прямо или косвенно связаны между собой, являясь компонентами единой биосферы нашей планеты. Биосфера — это не только сфера распространения жизни, но и результат её функционирования. Возникнув несколько миллиардов лет назад, организмы стали мощным планетарным фактором, оказывающим постоянное воздействие на окружающую среду. Судьба всех живых существ, в том числе и человека, зависит от того, насколько корректными будут взаимоотношения между особями, популяциями, видами, экосистемами, насколько оптимальными будут взаимодействия организмов с окружающей средой. Поэтому охрана биосферы — важнейшая задача человечества.

§ 35. ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА



- Что изучает экология?
- Как экологические факторы влияют на живые организмы?

Если мы отправимся на прогулку в лес, поле, на луг, нырнём в море или реку, то окажемся в окружении большего или меньшего числа живых организмов. В одиночку живой организм можно увидеть, к примеру, в зоопарке, ведь в пустыню, где на барханах растут одинокие саксаулы, путь не близок. Да и то это только кажущееся одиночество. На теле зверей и птиц обитают паразиты, в углах вольеров нередко прячутся питающиеся объедками мыши, через решётку клеток залетают воробьи, прорастает трава, да и посетители зоопарка в немалой степени влияют на жизнь его обитателей.

Природа — это огромный дом с миллионами всевозможных обитателей. Жители этого дома могут помогать или мешать друг другу, ссориться или мириться, могут даже время от времени убивать друг друга, но всё равно никому из них не удаётся прожить свою жизнь в одиночку. Изучением взаимоотношений организмов между собой и с окружающими их факторами неживой природы занимается наука, называемая ***экологией*** (от греч. *ойкос* — дом, жилище и *логос* — наука, учение).

Впервые термин «экология» был предложен немецким биологом *Эрнстом Геккелем* (1834–1919) в 1866 г. К сожалению, в настоящее время этот термин часто используют не вполне корректно, понимая под экологией нечто связанное с чистотой, здоровьем, оптимальными условиями жизни — в общем, всё то, что принято обозначать понятием «гигиена». Появились такие выражения, как «экологически чистые продукты», «экология языка» или «в этом городе плохая экология». Исходя из определения, согласно которому экология — это наука, плохой она будет только в том случае, если в местном университете её будут плохо преподавать. Продукты могут содержать или не содержать вредные вещества, в городе могут существовать экологические проблемы, но наука от этого хуже не станет.

Среды обитания организмов. Все живые организмы рождаются, развиваются и обитают в определённых условиях. С экологической точки зрения ту часть природы, которая окружает живые организмы и оказывает на них прямое или косвенное воздействие, называют **средой обитания**.

На Земле выделяют четыре основные среды обитания, освоенные и заселённые организмами. Это *водная среда*, *наземно-воздушная*, *почвенная* и среда, образованная самими живыми организмами, — *организменная*.

Все эти среды кардинально отличаются друг от друга условиями, к которым приспосабливаются живущие в них организмы (рис. 130).

Экологические факторы. Живые организмы постоянно испытывают на себе влияние как факторов неживой природы, так и других организмов, вместе с которыми они обитают на определённой территории. Любой компонент среды, способный оказывать влияние на организмы, называют *экологическим фактором*.

Различают три группы экологических факторов: абиотические, биотические и антропогенные.







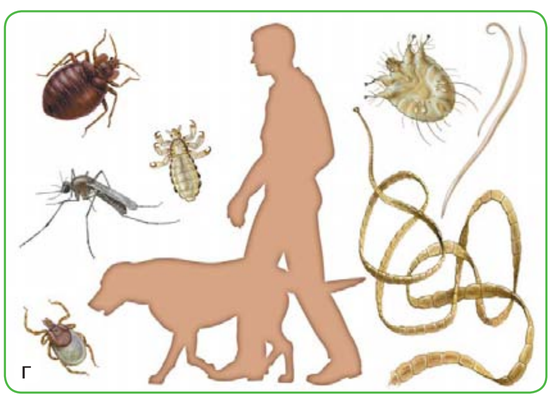


Рис. 130. Основные среды обитания: *а* — водная; *б* — наземно-воздушная; *в* — почвенная; *г* — организменная

Абиотические факторы — это все воздействия на организм со стороны неживой природы (рис. 131). К ним относятся такие характеристики среды, как свет, температура, влажность, химический состав воды, воздуха, почвы и др., а также сложные климатические и географические факторы: рельеф местности, ветер, водные течения, приливы и отливы, смена времён года и многие другие. Наиболее важными абиотическими факторами на суше являются свет, температура и вода (осадки), а в море (водоёме) — свет, температура и солёность.

Биотические факторы — это все виды воздействия на организмы со стороны других живых организмов (рис. 132). Такие воздействия могут быть *прямыми*, например, если хищник съедает свою жертву, или *косвенными*, если один организм изменяет среду обитания другого организма.

Антропогенные факторы — это все формы человеческой деятельности, которые оказывают воздействие на живую природу (рис. 133). Такие воздействия могут быть заранее спланирован-



Рис. 131. Абиотические факторы

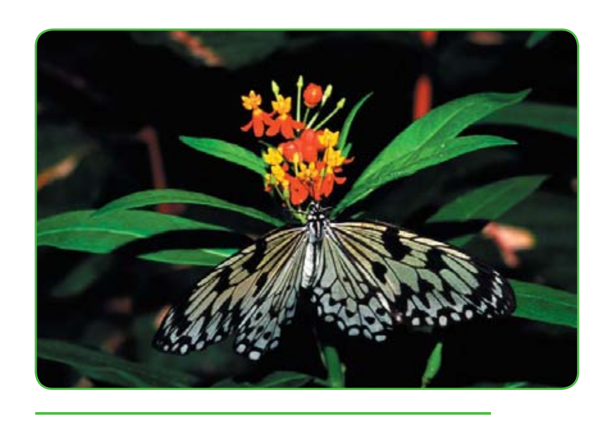


Рис. 132. Биотический фактор (опыление растений насекомыми)



Рис. 133. Антропогенный фактор (промышленное предприятие)

ными или носить непреднамеренный, случайный характер. На протяжении истории человечества значение этой группы факторов неуклонно возрастает.

В связи с интенсивной хозяйственной деятельностью человека многие экологические факторы, остававшиеся неизменными на протяжении тысячелетий, претерпевают резкие изменения. В связи с этим экологии пришлось столкнуться с новыми, ранее не существовавшими проблемами, такими, как исчезновение природных ландшафтов, изменение химического состава природных водоёмов, вымирание или резкое снижение численности многих видов.

По мере ускорения темпов научно-технического прогресса воздействие человека на природу усиливается. Поэтому насущно необходима возможность предсказывать последствия хозяйственной деятельности человека, создавать более продуктивные сельскохозяйственные предприятия, разумно использовать природные ресурсы. В связи с этим практическое значение экологии в настоящее время резко возрастает. Природоохранные мероприятия, решения многих производственных и научно-технических задач основываются на экологических знаниях и экологическом подходе. Важнейшей проблемой, стоящей перед современными экологами и человечеством в целом, является сохранение природных экосистем и создание безотходных промышленных предприятий.



Запомнить: экология; среда обитания; экологические факторы: абиотические, биотические, антропогенные.

ВЫВОДЫ

Экология — это наука, которая изучает взаимоотношения организмов между собой и с окружающими их факторами неживой природы. Ту часть природы, которая окружает живые организмы и оказывает на них прямое или косвенное воздействие, называют средой обитания. На Земле выделяют четыре основные среды обитания, освоенные и заселённые организмами: водная среда, наземно-воздушная, почвенная и среда, образованная самими живыми организмами, — организменная. Любой компонент среды, способный оказывать влияние на организмы, называют экологическим фактором. Различают три группы экологических факторов: абиотические, биотические и антропогенные.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что изучает наука экология?
2. Что такое среда обитания?
3. Каково воздействие на природу хозяйственной деятельности человека?

Выполни задание

Назовите и охарактеризуйте группы экологических факторов.

Обсуди с товарищами

1. Какие абиотические факторы наиболее значимы для обитателей суши и водных организмов?
2. Каковы, на ваш взгляд, основные задачи экологии в настоящий период?

Выскажи мнение

Согласны ли вы с утверждением: «Экологический фактор — это любой компонент среды, способный оказывать влияние на организмы»?

Для любознательных

Это интересно

● Как самостоятельная наука экология оформилась в начале XX в. В настоящее время экология представляет собой синтез различных отраслей знаний: биологии, геологии, географии, химии, математики и других наук.

Экология делится на аутэкологию и синэкологию. *Аутэкология* изучает отдельных особей и их приспособления к условиям окружающей среды. *Синэкология*, или *экология сообществ*, исследует группы организмов, например популяции, семьи, виды и др. Больше всего организмов обитает в почвенной среде. В одном грамме чернозёма — до миллиарда бактерий!

§ 36. Закономерности влияния экологических факторов на организмы

- Что такое экологические факторы?
- Как проявляется действие экологических факторов?



Изменчивость экологических факторов. Некоторые факторы среды на протяжении длительного времени остаются относительно постоянными, например сила тяготения, солевой состав морской воды, газовый состав атмосферы. Большинство же экологических факторов постоянно изменяется во времени и пространстве. Причём эта изменчивость может быть *регулярной*, *периодической* (например, смена суточной освещённости, сезонные изменения температуры, приливы и отливы, уменьшение количества кислорода при подъёме в горы и т. д.) или *нерегулярной* (изменения погоды, наводнение, лесной пожар).

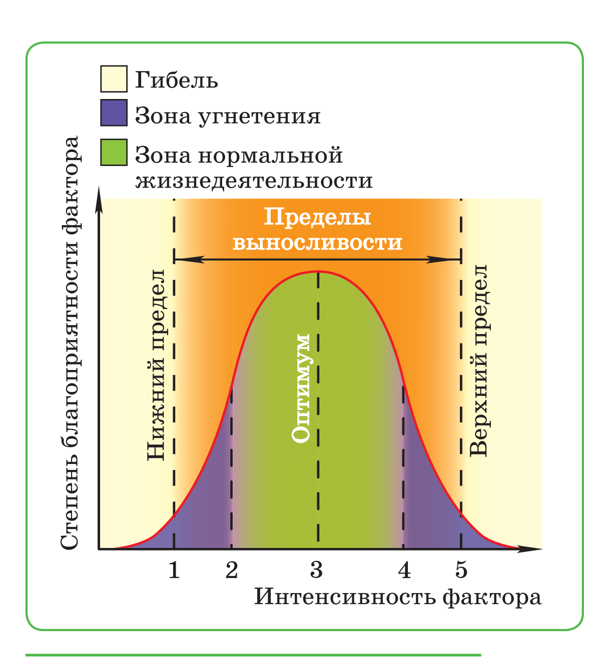


Рис. 134. Действие экологического фактора на организм

Степень изменчивости каждого экологического фактора зависит от особенностей среды обитания. Например, температура сильно колеблется в наземно-воздушной среде, но почти постоянна на дне океана или в глубоких слоях почвы. Паразиты, обитающие внутри тела хозяина, живут в условиях избытка пищи, а свободно живущие хищники периодически испытывают голод. Популяции организмов, обитающие в какой-то определённой среде, приспосабливаются к ней в ходе естественного отбора. У них вырабатываются те или иные морфологические и физиологические особенности, позволяющие существовать именно в этих и ни в каких других условиях.

Влияние экологических факторов на организмы. Область значений фактора, которая наиболее благоприятна для жизнедеятельности, роста и размножения организмов, называют *оптимальной* или **зоной оптимума** (рис. 134). Отклонения от зоны оптимума в сторону уменьшения или увеличения снижают жизнеспособность вида. Это **зоны угнетения**, или *стрессовые зоны*. И наконец, крайние значения фактора, за которыми условия становятся непригодными для жизни и вызывают гибель организмов, — это **пределы выносливости**. Весь диапазон изменчивости фактора, в пределах которого возможна жизнедеятельность организмов, называют **диапазоном выносливости**. Некое растение может чувствовать себя наиболее комфортно при температуре +24 °C (*точка оптимума*), продолжать активно расти в диапазоне температур от +20 до +28 °C (*зона оптимума*), испытывать угнетение при дальнейшем изменении температуры в сторону её увеличения или уменьшения и в конце концов погибнуть, если температура опустится ниже +5 °C или поднимется выше +38 °C.

На организм одновременно влияют многочисленные и разнообразные факторы среды, и у каждого вида существуют свои оптимумы, стрессовые зоны и пределы выносливости по отношению к их воздействию. Например, лишайники выдерживают колебания температуры от −70 до +60 °C, а некоторые виды океанических рыб способны существовать только при температуре от −2 до +2 °C. При 0 °C у таких рыб обмен веществ идёт наиболее интенсивно, а при температуре более 2 °C рыбы перестают двигаться и впадают в тепловое оцепенение. Песцы в тундре могут переносить колебания температуры от −55 до +40 °C, а многие тропические растения погибают, если температура опускается до +5...10 °C. Даже из этих нескольких примеров видно, как сильно отличаются диапазоны выносливости к одному и тому же фактору (в данном случае к температуре) у разных видов организмов. По отношению к отдельным факторам среды различают холодо- и теплолюбивые виды, влаго- и сухолюбивые, светолюбивые и теневыносливые и т. д. (рис. 135).



Рис. 135. Светолюбивые (*а*, *б*) и теневыносливые (*в*, *г*) растения

Организмы с широкими диапазонами выносливости ко всем факторам среды распространены более широко. Однако, если организм имеет широкий диапазон устойчивости по одному фактору, это не значит, что у него и по остальным факторам такие же широкие границы. Например, многие земноводные выдерживают значительные колебания температуры, но не переносят даже кратковременного высыхания кожи.

Организмы, которые способны существовать в разнообразных условиях внешней среды, называют **эврибионтными**— таков, например бурый медведь, живущий в разных климатических условиях, от Арктики до субтропиков. **Стенобионтные** организмы приспособлены к обитанию в узком диапазоне условий среды. Например, форель живёт только в чистых горных реках с высоким содержанием кислорода в воде. Молодь ручьевой форели хорошо

развивается при концентрации кислорода 2 мг/л; при снижении концентрации до 1,6 мг/л вся форель гибнет.

Взаимодействие факторов среды. Степень воздействия любого фактора на живые организмы зависит не только от его интенсивности, но и от того, как в данный момент действуют остальные факторы. Например, в морозы животные могут замерзать при нехватке корма и чувствовать себя нормально, если пищи достаточно. Влияние жары при высокой влажности воздуха значительно сильнее, чем в сухую погоду, а переносить мороз гораздо легче в безветренную погоду, чем при сильном ветре.

Все факторы среды действуют совместно, поэтому, если интенсивность одного из них отклоняется от оптимальной величины, организмы начинают испытывать угнетение, несмотря на присутствие остальных факторов. Как бы мы ни поливали и ни подкармливали теплолюбивое растение, если температура снизится до 0 °С, оно погибнет. В данном примере температура является ограничивающим фактором для растения. Впервые на существование *ограничивающих*, или **лимитирующих, факторов** обратил внимание немецкий химик *Юстус Либих* (1803–1873). Он сформулировал закон, который называют ***законом минимума Либиха:*** *даже единственный фактор за пределами зоны своего оптимума приводит к стрессовому состоянию и в пределе — к гибели организма.* Именно лимитирующие факторы определяют границы распространения того или иного вида. Выявление таких факторов имеет большое практическое значение. Например, даже при наличии оптимальных температуры, света и влажности урожай пшеницы будет невелик, если её посеяли на кислой почве. Следовательно, в данных условиях лимитирующим фактором для пшеницы служит кислотность почвы, и при внесении в почву извести урожайность повысится.

Все факторы окружающей среды, которые воздействуют на представителей определённого вида, взаимосвязаны между собой, поэтому в процессе эволюции организмы приспосабливаются не к каждому фактору в отдельности, а сразу к целому их комплексу. Совокупность всех факторов, которые требуются для существования вида, определяет его ***экологическую нишу*** — место, занимаемое видом в природе, включающее комплекс его связей с другими видами и требований к факторам среды.



Запомнить: зона оптимума, зоны угнетения (стрессовые зоны); пределы выносливости, диапазон выносливости; организмы: стенобионтные, эврибионтные; ограничивающие (лимитирующие) факторы; закон минимума Либиха; экологическая ниша.

ВЫВОДЫ

На организм одновременно влияют многочисленные и разнообразные факторы среды, и у каждого вида существуют свои оптимумы, стрессовые зоны и пределы выносливости по отношению к их воздействию. Даже единственный фактор за пределами зоны своего оптимума приводит к стрессовому состоянию и в пределе — к гибели организма. Совокупность всех факторов, которые требуются для существования вида, определяет его экологическую нишу.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. От чего зависит степень изменчивости экологических факторов?
2. Что такое зона оптимума?
3. Как объяснить понятие «диапазон выносливости»?
4. Что такое ограничивающий фактор?
5. Что определяется совокупностью всех факторов, воздействующих на организм?

Выполни задания

1. Приведите примеры ограничивающих факторов, действующих в вашей местности.
2. Сформулируйте закон Либиха.

Обсуди с товарищами

Предложите и обсудите примеры взаимодействия различных групп экологических факторов.

Выскажи мнение

Можно ли считать экологическую нишу, занимаемую организмом, его «профессией» в данном сложившемся «коллективе»?

§ 37. Абиотические факторы среды и приспособленность к ним живых организмов

- Какие бывают экологические факторы?
- Как абиотические факторы влияют на организмы?



Понятие об адаптации. В процессе исторического развития организмы приспосабливаются к определённому набору абиотических факторов. Это повышает их шансы на выживание. Процесс приспособления организмов к условиям окружающей их среды называют ***адаптацией***.

Однако организмы не только приспосабливаются к определённым значениям температуры, влажности, освещённости, которые становятся обязательными условиями их существования, но и сами участвуют в формировании *абиотической (неживой) среды*. Так, в ходе фотосинтеза растения поглощают углекислый газ и выделяют в атмосферу кислород, животные-фильтраторы очищают воду, зелёные насаждения препятствуют эрозии почвы, а растения из семейства бобовых обогащают почву азотом — подобных примеров можно приводить множество.

Рассмотрим влияние основных ***абиотических факторов*** — элементов неживой природы — на живые организмы.

Солнечный свет. Это основной источник энергии для живых организмов. Биологическое влияние солнечного света зависит от его характеристик: длины волны, интенсивности, продолжительности действия, суточной и сезонной периодичности.

Ультрафиолетовые лучи в небольших дозах полезны животным и человеку, так как способствуют выработке в организме витамина *D*. Эти лучи воспринимаются органами зрения насекомых, а у растений ультрафиолет обеспечивает синтез пигментов и витаминов. **Видимая часть спектра** солнечного излучения наиболее значима для организмов. Благодаря освещённости животные ориентируются в пространстве, а у растений осуществляется фотосинтез. **Инфракрасные лучи** — источник тепловой энергии, который очень важен для всех организмов, но в большей мере для холоднокровных. Любая поверхность, имеющая температуру выше 0 °C, испускает тепловые лучи, поэтому растения и животные получают тепловую энергию также и от окружающих предметов. У растений инфракрасное излучение усиливает испарение воды, что способствует её движению в тканях растений снизу вверх.

Важным фактором в жизни животных и растений является **продолжительность светового дня**. Изменение соотношения периодов освещённости и темноты для многих организмов служит сигналом для изменения активности. Это явление называют **фотопериодизмом**. В процессе эволюции у животных и растений выработались определённые **биологические ритмы** — суточные и сезонные. Длина светового дня определяет жизненные циклы многих видов, от неё зависят сроки цветения и созревания плодов у растений, миграция птиц, смена шерстного покрова у млекопитающих, начало брачного сезона, подготовка к зимней спячке и т. д. Существенно различается образ жизни ночных и дневных животных. У растений в определённые часы открываются и закрываются цветки.

Температура. Это абиотический фактор, который действует всегда и везде. Температура обусловливает скорость биохимических реакций и влияет на многие физические процессы.



Рис. 136. Бактерии, живущие в горячих источниках (Йеллоустонский национальный парк)

На Земле существуют организмы, способные выдерживать очень высокие или низкие температуры. Например, некоторые микроорганизмы переносят снижение температуры до −200 °С, а отдельные виды бактерий могут жить и размножаться в горячих источниках при температуре +85...87 °С (рис. 136). Хорошо выдерживают перепады температуры организмы, переживающие покоящуюся стадию своего развития, — цисты, куколки насекомых, споры бактерий, семена растений.

Все беспозвоночные и большинство позвоночных животных — это преимущественно **холоднокровные** организмы, которые не способны поддерживать постоянную температуру своего тела. Их температура в основном зависит от теплового режима окружающей среды. Птицы и млекопитающие — **теплокровные** животные, их температура тела не зависит от температуры окружающей среды. Высокий уровень обмена веществ позволяет этим животным поддерживать температуру тела на постоянном уровне за счёт самостоятельного производства энергии из потребляемой пищи. Причём на поддержание температуры тратится около 90% пищи. Помимо этого, совершенная терморегуляция и хорошая теплоизоляция позволяют птицам и млекопитающим как удерживать тепло, так и защищаться от перегрева при высокой температуре окружающей среды.


а


б

Рис. 137. Песец в зимний (*а*) и летний (*б*) периоды

В большинстве районов Земли температура меняется в течение суток и сезонов, поэтому организмы вынуждены приспосабливаться к охлаждению или перегреву. В холодное время года у млекопитающих развивается более густой и длинный мех (рис. 137), в подкожной жировой клетчатке накапливается жир, у птиц зимой увеличивается масса перьев. У некоторых животных выработались поведенческие адаптации к сезонному снижению температуры: миграции, перелёты, рытьё нор и поиск убежищ. В пустынях, где днём температура почвы может достигать +60...70 °С, животные зарываются в песок или прячутся в норы. У растений в жаркое время года усиливается испарение воды с поверхности листьев, а у животных жидкость испаряется через дыхательную систему и кожные покровы.

Влажность. Вода необходима для жизни всем организмам. Причём если для наземных животных и растений особенно опасна потеря влаги, то для организмов, обитающих в воде, наоборот, опасен избыток воды в организме. Поэтому у водных организмов возникают различные приспособления для выведения лишней воды, к примеру, для инфузории-туфельки характерны сократительные вакуоли.

У наземных организмов в процессе жизнедеятельности вода неизбежно теряется, поэтому её запасы надо постоянно пополнять. Для снабжения себя водой и экономии влаги у организмов выработались разнообразные приспособления.

Засухоустойчивые растения, например верблюжья колючка, саксаул, пустынная полынь, имеют глубокую корневую систему. У других растений пустынь и полупустынь узкие жёсткие листья покрыты восковым налётом, что снижает потери воды при испарении. Кактусы и молочаи обладают сильно развитой водозапасающей тканью, а для уменьшения площади испарения их листья превратились в колючки или чешуйки. Ряд растений (тюльпаны, ковыль) имеет очень короткий вегетационный период — пока в почве есть влага. В засушливое время они пребывают в состоянии покоя в виде подземных побегов (луковиц или корневищ).

Животные, обитающие в условиях пониженной влажности, тоже имеют определённые приспособления. Многие из них никогда не пьют и используют только ту жидкость, которая находится в пище. Плотный хитиновый покров защищает от избыточного испарения наземных членистоногих. В процессе эволюции, перейдя к наземному существованию, полностью утратили кожные железы пресмыкающиеся. У паукообразных изменился обмен веществ — они выделяют не раствор, а кристаллы мочевой кислоты.

Большое значение для животных засушливых областей имеет приспособительное поведение — поиск укрытий, ночной образ жизни. При большой сухости воздуха многие пустынные животные прячутся в норы, плотно закрывая вход. Многие грызуны, черепахи, змеи, некоторые насекомые в период засухи впадают в спячку.

Кислород. По отношению к кислороду все живые организмы можно разделить на две группы: **аэробные** (которым для дыхания нужен кислород) и **анаэробные** (которым кислород не нужен). В среде без кислорода живут, к примеру, некоторые бактерии, простейшие и внутренние паразиты, такие, как ленточные черви. Большинство же организмов обитают в кислородной среде.

Распространение тех или иных видов определяется не только температурой, светом, влажностью и наличием кислорода, но и другими абиотическими факторами.



Запомнить: адаптация; абиотические факторы; солнечный свет: ультрафиолетовые лучи, видимая часть спектра, инфракрасные лучи; продолжительность светового дня, фотопериодизм; биологические ритмы; температура, организмы: холоднокровные, теплокровные; кислород, организмы: аэробные, анаэробные.

ВЫВОДЫ

Абиотические факторы — это элементы неживой природы, воздействующие на живой организм. Процесс приспособления организмов к условиям окружающей их среды называют адаптацией. Организмы не только приспосабливаются к определённым значениям температуры, влажности, освещённости, но и сами участвуют в формировании абиотической (неживой) среды. Наиболее важными абиотическими факторами на суше являются свет, температура и вода (осадки), а в море — свет, температура и солёность.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое адаптация?
2. Какова роль света в жизни растений и животных?
3. Почему температура тела теплокровных животных не зависит от температуры окружающей среды?
4. Как адаптируются животные и растения к избытку и недостатку воды?

Выполни задание

Используя знания, полученные при изучении темы «Энергетический обмен», сравните эффективность энергетического обмена у аэробных и анаэробных организмов.

Обсуди с товарищами

1. Вода — важный абиотический фактор. Какова её роль в организме?
2. Какие ещё абиотические факторы (кроме изложенных в параграфе) могут воздействовать на организмы?
3. Существуют ли рыбы, способные жить как в пресной, так и в солёной воде? При положительном ответе объясните, как им это удаётся, и приведите примеры.

Выскажи мнение

Каким образом живые организмы участвуют в формировании абиотической среды?

Работа с моделями, схемами, таблицами

Заполните таблицу «Адаптация животных к недостатку воды»:

Пример адаптации	Организмы

Для любознательных

Это интересно

● Некоторые водоросли, например красные, обладают дополнительными пигментами, которые позволяют им использовать энергию лучей синей части спектра, глубже всего проникающих в толщу воды.

● В зависимости от условий освещённости растения подразделяют на *светолюбивые*, *теневыносливые* и *тенелюбивые*. Светолюбивые растения — это обитатели открытых местностей, которые плохо переносят даже незначительное затенение (например, растения степей, белая акация). При рассеянном свете в затенённых местах растёт большинство папоротников и мхов, а рекордсменом по теневыносливости являются морские зелёные водоросли.

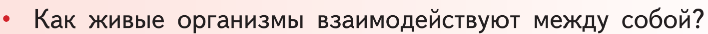
● Если молодой саженец берёзы освещать осенью по 18—20 часов в сутки, дерево не сбросит листву даже при наступлении морозов и рискует засохнуть. Настолько для жизни растений значимо явление фотопериодизма!

● В зависимости от продолжительности светлого времени суток может снизиться и даже полностью прекратиться активность не только у холоднокровных животных, но и у млекопитающих. Одни звери, например суслики или сурки, впадают в состояние *анабиоза*, при котором жизненные функции настолько снижаются, что становятся практически незаметными. Другие, например барсуки и медведи, могут частично сохранять свою активность (медведицы даже рожают и выкармливают детёнышей в период зимней спячки), но пере-

стают питаться и практически не покидают своих убежищ. На сезонные изменения, такие, как перелёты птиц, время листопада, распускания листьев и цветения у растений, также влияет температура окружающей среды, которая, в отличие от длины светового дня, может меняться от года к году.

● Группа учёных из Канады обнаружила, что аргентинский чёрно-белый тегу обладает сезонной теплокровностью. Эта ящерица длиной до 90 см обитает на значительной части Южной Америки и хорошо известна биологам. Бо́льшую часть года, как и многие другие рептилии, тегу днём греются на солнце, а ночью прячутся в норах и остывают. Но каково же было удивление учёных, когда с помощью датчиков и тепловых камер они выяснили, что в сезон размножения, с сентября по декабрь, в утренние часы частота дыхания и ритм сердечных сокращений животных увеличиваются и их температура вырастает, становясь на 10° выше температуры в норе. Учёные считают, что южноамериканские ящерицы представляют собой промежуточное звено между холоднокровными и теплокровными животными. Повышение температуры тела животных в период размножения увеличивает их активность при поиске партнёра, ускоряет развитие яиц и позволяет лучше заботиться о потомстве.

§ 38. БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОПУЛЯЦИЙ РАЗНЫХ ВИДОВ



- Как живые организмы взаимодействуют между собой?
- Какие факторы относят к факторам живой природы?

В природе существование каждого живого организма зависит не только от абиотических факторов, но и от обитающих рядом других организмов. Любую, даже самую маленькую территорию обычно населяют представители многих видов, т. е. множество популяций. Все эти популяции вступают между собой в тесные отношения, которые могут носить самый разный характер. Все типы взаимоотношений между популяциями называют ***биотическими экологическими факторами***.

Теоретически два вида могут не оказывать друг на друга никакого влияния. Такой тип взаимодействия называют **нейтрализмом**. Однако нейтрализм в природе встречается крайне редко. Между видами всегда существуют если не непосредственные, то косвенные связи, которые иногда бывает трудно отследить из-за недостатка имеющихся у нас знаний. Обычно при совместном существовании у видов возникают определённые приспособления друг к другу, взаимозависимости. Рассмотрим наиболее распространённые типы взаимодействий видов.

Хищничество. Этот тип взаимоотношений играет важную роль в поддержании равновесия в экосистемах (рис. 138). **Хищники** — организмы, которые ловят,

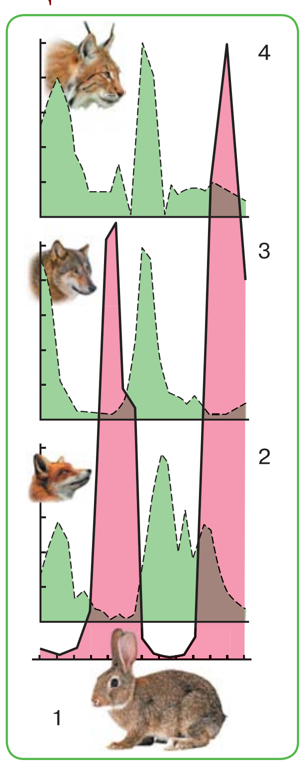
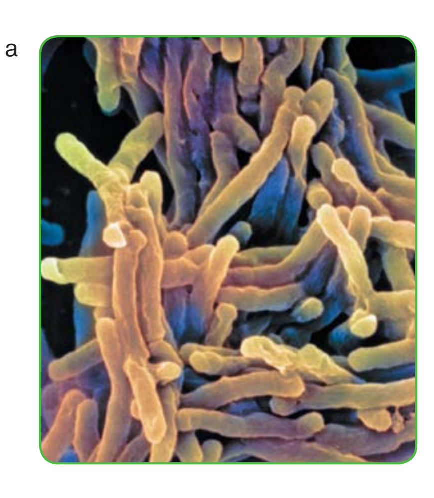


Рис. 138. Взаимосвязь колебаний численности популяций в системе хищник — жертва: *1* — заяц; *2* — лисица; *3* — волк; *4* — рысь

а



б



в



Рис. 139. Примеры паразитизма: *а* — бактерии туберкулёза; *б* — гриб, паразитирующий на листе розы; *в* — клещ

умерщвляют и поедают свою **жертву**. Взаимоотношения хищник — жертва встречаются во всех царствах живой природы. Кроме животных-хищников, существуют хищные грибы и растения (росянка, венерина мухоловка и др.).

Хищничество служит механизмом регуляции численности популяций. В природе хищники в первую очередь уничтожают ослабленных или больных животных, что способствует обновлению популяции жертвы. Если популяции жертв и хищников долгое время сосуществуют вместе, возникает определённое равновесие — с увеличением популяции жертвы возрастает численность хищников, т. е. осуществляется биологическая регуляция численности популяций. Полное уничтожение хищников в экосистеме резко увеличит численность популяции жертвы, что, в свою очередь, приведёт к подрыву кормовой базы, развитию заболеваний и, как следствие — к массовой гибели представителей популяции жертвы.

Одной из форм хищничества является **каннибализм** — поедание особей своего вида. Он встречается у насекомых, хищных рыб, паукообразных и т. д. Каннибализм возникает, как правило, при нехватке пищи и пространства.

Паразитизм. Это тип взаимоотношений между видами, в процессе которых один из видов **(паразит)** использует другого **(хозяина)** в качестве источника пищи или среды обитания (рис. 139). Паразиты встречаются практически во всех таксонах: внутриклеточные паразиты — вирусы, паразитические бактерии, одноклеточные животные, целые классы среди беспозвоночных, низшие хордовые. Существуют паразитические грибы и высшие растения.

Паразиты выработали ряд *специфических приспособлений*, которые отличают их от свободноживущих представителей той же группы организмов: органы прикрепления, высокая плодовитость, сложные циклы развития и др. Паразиты обычно снижают жизнеспособность хозяина, но не вызывают его быстрой гибели, потому что в итоге это привело бы к гибели самого паразита. Исключение составляют некоторые бактерии и вирусы, вызывающие болезни со смертельным исходом[1].

Конкуренция. Это тип взаимоотношений, при которых организмы соревнуются за одни и те же ресурсы окружающей среды: места для укрытия и размножения, пищу, воду, свет. При этом следует иметь в виду, что

[1] Смертельный исход болезни свидетельствует о том, что данный хозяин паразита либо промежуточный, либо вступил в круг контактов паразита совсем недавно и оба вида ещё не «притёрлись» друг к другу.



Рис. 140. Схватка двух самцов зайцев-русаков

в случае, если организмы просто используют один и тот же природный ресурс, это ещё не конкуренция. А вот если этого ресурса не хватает или его совместное использование приводит к негативным последствиям для популяций, тогда мы можем говорить о конкурентных взаимоотношениях.

Конкуренция может возникать не только между видами — **межвидовая конкуренция**, но и между отдельными особями в пределах одной популяции, так называемая **внутривидовая конкуренция** или *внутривидовая борьба* (рис. 140). Напряжённость межвидовой конкуренции бывает разной — от жёсткой борьбы до почти незаметного, кажущегося мирным сосуществования, но в конечном счёте обычно один из конкурирующих видов вытесняет другой. Исход конкурентной борьбы зависит от условий каждого конкретного местообитания. В одних условиях побеждает один вид, а в других — другой. Возможны и другие варианты: оба конкурирующих вида погибают или расходятся по разным экологическим нишам.

Одновременно в одной экосистеме могут ужиться только те виды, которые заняли разные экологические ниши и не конкурируют друг с другом. Разделение ресурсов может произойти за счёт, например, поведенческой специализации — разные виды птиц питаются различными типами кормов (насекомыми, семенами, орехами и т. д.) — или за счёт разделения мест обитания. Так, в кронах деревьев листопадного леса обитает зяблик, в кустарниках — крапивник, а ещё ниже вьёт гнёзда зарянка.

Симбиоз. Это тип взаимоотношений, противоположный паразитизму. **Симбиозом** называют разные формы совместного существования видов, при которых оба партнёра извлекают пользу, т. е. получают преимущество в борьбе за существование. В симбиотические взаимоотношения могут вступать бактерии, водоросли, грибы, простейшие, высшие растения и животные.

Взаимовыгодные отношения играют очень важную роль в функционировании экосистем. Например, шампиньоны можно выращивать в искусственных

условиях в течение всего года, а подосиновики или белые грибы — собирать только летом и осенью в лесу. Почему? Потому что лесные грибы не могут существовать без **микоризы** — симбиоза грибницы (вегетативного тела грибов, состоящего из тонких нитей — гифов) с корнями деревьев. Гифы гриба глубоко проникают в корни дерева и снабжают его водой и минеральными веществами, получая взамен органические соединения. В кишечнике человека обитает кишечная палочка — бактерия, которая является нашим обязательным симбионтом: без неё невозможно нормальное пищеварение. Ещё более важную роль в переваривании пищи играют бактерии-симбионты травоядных животных, питающихся только клетчаткой.

Все разнообразные формы биологических связей между видами обеспечивают баланс численности организмов в экосистемах, а следовательно, устойчивое состояние этих экосистем.

Запомнить: биотические факторы; нейтрализм; хищничество: хищник, жертва; каннибализм, паразитизм: паразит, хозяин; конкуренция: внутривидовая, межвидовая; симбиоз, микориза.



ВЫВОДЫ

Биотические факторы — это все виды влияния на организмы со стороны других живых организмов. Хищники — это организмы, которые ловят, умерщвляют и поедают свою жертву. Паразитизм — это тип взаимоотношений между видами, в процессе которых один из видов (паразит) использует другого (хозяина) в качестве источника пищи или среды обитания. Вступая в конкурентные взаимоотношения, организмы соревнуются за одни и те же ресурсы окружающей среды: места для укрытия и размножения, пищу, воду, свет. Симбиозом называют разные формы совместного существования видов, при которых оба партнёра извлекают пользу, т. е. получают преимущество в борьбе за существование.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое биотические факторы?
2. В чём суть взаимоотношений хищник — жертва?
3. В чём сходство и различия между паразитизмом и хищничеством?
4. Какие виды конкуренции вам известны?
5. В чём суть явления симбиоза?

Выполни задания

1. Приведите примеры положительного и отрицательного влияния животных на растения.
2. Приведите примеры конкуренции между организмами, обитающими в вашей местности.

Обсуди с товарищами

1. К чему может привести полное уничтожение хищников?
2. Что может обеспечить длительное сосуществование видов в одном сообществе?

Выскажи мнение

Что будет способствовать комфортному сосуществованию видов в одной экосистеме: нахождение в разных экологических нишах или в одной? Ответ аргументируйте.

Работа с моделями, схемами, таблицами

Используя текст параграфа, заполните таблицу «Виды биотических взаимоотношений»:

Вид взаимоотношений	Характеристика	Примеры

Для любознательных

Это интересно

- В процессе эволюции происходит совершенствование поведения как хищников, так и их жертв. Большинство хищников могут переключаться с одной добычи на другую, более доступную и многочисленную: узкая специализация поставила бы хищников в жёсткую зависимость от популяции жертвы. Так, лисы могут питаться не только зайцами, но и грызунами, лягушками, а при необходимости и наведываться в курятник. У крупных хищников — волков, живущих стаями, вырабатывается сложное согласованное охотничье поведение. В свою очередь, жертвы в процессе естественного отбора совершенствуют средства защиты от хищников. Яды растений, сложное приспособительное поведение животных, покровительственная окраска, мимикрия, маскировка, панцири, шипы и колючки — всё это способствует выживанию жертв.
- Характерным примером симбиоза служит опыление растений животными. Всем известны насекомые-опылители, но, например, в тропиках большое количество видов опыляется птицами (колибри) и летучими мышами, а иногда даже нелетающими животными, такими, как хоботноголовый кускус — обитающий в Австралии представитель отряда сумчатых.

§ 39. Экосистемная организация живой природы.
Экосистема, её основные компоненты



- Что такое природное сообщество?
- Чем биоценоз отличается от экосистемы?

Экосистема и биогеоценоз. Вы уже знаете, что *система* — это некое целое, состоящее из взаимосвязанных частей. Приступая к изучению *экосистемы*, необходимо определить её части и найти между ними взаимосвязи, благодаря которым отдельные компоненты этой системы вместе образуют единое целое.

В природе нет ни одной популяции, существующей независимо от других. На любой, даже самой малой территории мы всегда обнаружим большое число видов, принадлежащих ко всем царствам живого мира — бактериям, растениям, грибам и животным. Исторически сложившуюся совокупность живых организмов, связанных между собой и населяющих определённый участок

земной поверхности, называют ***сообществом*** или ***биоценозом***. Если к биоценозу добавить все абиотические факторы, действующие на эти организмы, то мы получим ***экологическую систему*** (*экосистему*).

Экосистема — *биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов, среды их обитания и системы связей, осуществляющих обмен веществом и энергией между ними.*

Примером экосистемы может служить, например, болото с его характерным рельефом, кочками и заполненными водой впадинами, промерзающими в зимнее время. Огромная масса бактерий, растущие на кочках грибы, мох и находящийся под ним слой торфа, различные черви, членистоногие, земноводные и гнездящиеся на этом болоте птицы — всё это части экосистемы. Все эти организмы находятся в тесной взаимосвязи с факторами неживой природы: химическим составом воды, воздуха и почвы, рельефом дна, температурой, солнечной радиацией и многими другими. Всё это вместе и образует сложную систему с множеством прямых и обратных связей — экосистему.

Экосистема не имеет чётких границ, отделяющих её от другой экосистемы, часть экосистемы также можно расценивать как отдельную экосистему. Экосистема — очень широкое понятие: мы можем рассматривать в качестве экосистемы целое болото, а можем — отдельный старый пень, стоящий посреди этого болота (рис. 141). Дождевой тропический лес и лесное озеро, гниющий пень и муравейник, лужа посреди просёлочной дороги и одиноко стоящее дерево с его обитателями — это разные *природные экосистемы*. Кроме природных экосистем, существуют *экосистемы искусственного происхождения*, например пшеничное поле, домашний аквариум, птицеферма. С ними мы познакомимся чуть позже.

Часто в экологии рассматривают крупные экосистемы, обладающие ярко выраженными и хорошо различимыми признаками. Подобные экосистемы, границы которых определены растительными сообществами, например дубраву, луг, ельник или берёзовую рощу, называют ***биогеоценозами***. В названии «биогеоценоз» прослеживается взаимосвязь всех обязательных компонентов этой системы — живых (*био*-)

а



б



в



Рис. 141. Экосистемы разного масштаба: *а* — пень; *б* — сосна; *в* — сосновый бор

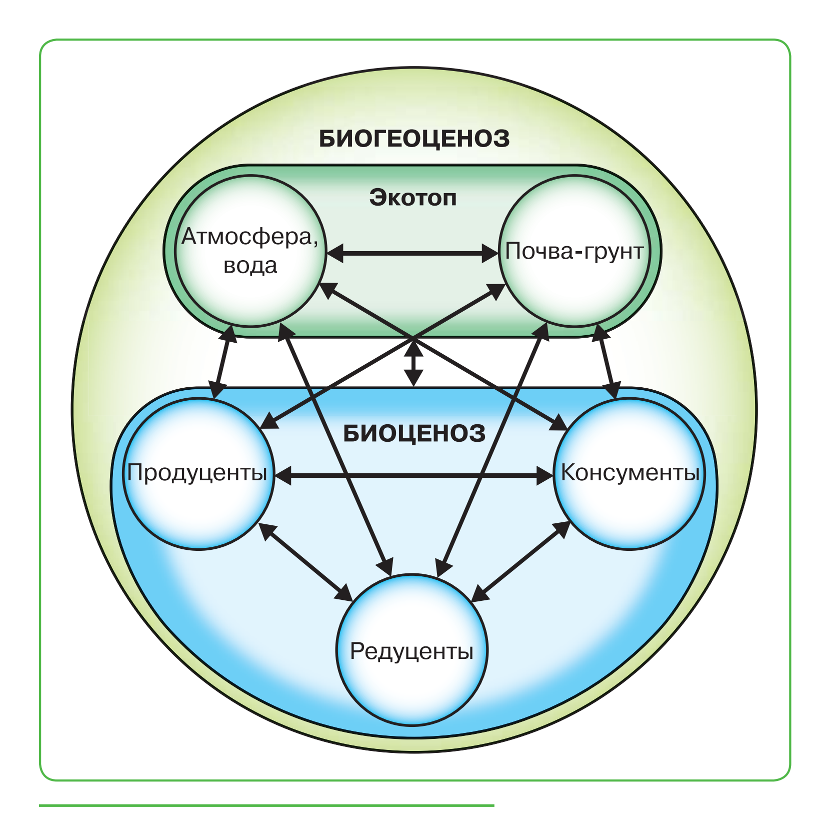


Рис. 142. Схема взаимодействия между компонентами экосистемы

и неживых (*гео-*). Учение о биогеоценозе создано российским учёным *Владимиром Николаевичем Сукачёвым* (1880–1967), им же введено в науку понятие *биогеоценоз*[1].

Вся совокупность биогеоценозов земного шара образует глобальную экосистему, или ***биосферу***.

Компоненты экосистемы. Экосистем на нашей планете огромное количество, их все оценить практически невозможно. Но общим обязательным условием существования каждой отдельной экосистемы и всех их вместе является биологический круговорот веществ и поток энергии (рис. 142). Этот круговорот возможен благодаря наличию в каждой экосистеме следующих четырёх обязательных компонентов:

1) ***абиотический компонент***, или ***экотоп***, — это определённая территория или акватория со всем набором и особенностями почв, грунтов, воды, микроклимата и других факторов, т. е. комплекс факторов неживой природы;

2) ***продуценты***, или ***производители***, — это автотрофные организмы, которые в процессе жизнедеятельности синтезируют из неорганических веществ органические соединения, используя в качестве источника углерода углекислый газ. Биомассу, образованную в экосистеме автотрофными организмами, называют **первичной продукцией**. Она служит пищей и источником энергии для остальных организмов сообщества. Основными продуцентами являются зелёные растения, использующие главный источник энергии на Земле — сол-

[1] В зарубежной научной литературе термин «биогеоценоз» практически не употребляется.

нечный свет. Для каждой крупной экосистемы характерны свои специфические растения, осуществляющие фотосинтез, т. е. свои продуценты;

3) ***консументы***, или ***потребители***, — это гетеротрофные организмы, которые используют синтезированную продуцентами биомассу для собственной жизнедеятельности. Съедая и перерабатывая растения, консументы получают энергию и образуют **вторичную продукцию** экосистемы. К консументам относят самые разные живые организмы — от микроскопических бактерий до крупных млекопитающих, от простейших до человека. С точки зрения структуры экосистемы и той роли, которую играют разные консументы в поддержании её равновесия, всех консументов можно разделить на несколько подгрупп;

4) ***редуценты***, или ***разлагатели***, — это организмы, перерабатывающие мёртвое органическое вещество (**детрит**) в минеральные соединения, которые снова могут быть использованы продуцентами. Многие организмы, такие, как дождевые черви, многоножки, термиты, муравьи и др., питаются растительными и животными остатками, а часть древесины гниёт и разлагается в процессе жизнедеятельности грибов и бактерий. Когда грибы и другие редуценты отмирают, они сами превращаются в детрит и служат пищей и источником энергии для других редуцентов.

Наличие данных компонентов является обязательным условием стабильного существования любой экосистемы, так как благодаря их взаимодействию обеспечивается *главное свойство экосистем* — ***способность к самоподдержанию***.

Запомнить: экосистема; сообщество; биоценоз; биогеоценоз; экотоп; продуценты (производители), консументы (потребители), редуценты (разлагатели); детрит; продукция: первичная, вторичная.



ВЫВОДЫ

Экосистема — это биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов, среды их обитания и системы связей, осуществляющих обмен веществами и энергией между ними. В каждой экосистеме присутствуют четыре обязательных компонента: абиотический компонент (экотоп), продуценты (производители), консументы (потребители), редуценты (разлагатели).

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое биоценоз и экосистема? В чём их различия?
2. Какие бывают экосистемы?
3. Что такое биотоп?
4. Что является источником первичной энергии на Земле?
5. Какова роль консументов в экосистеме?

Выполни задание

Перечислите и охарактеризуйте обязательные компоненты экосистемы.

Обсуди с товарищами

Какие биогеоценозы можно выделить в вашей местности?

Выскажи мнение

Как вы думаете, может ли существовать экосистема, не имеющая какого-либо одного из четырёх обязательных компонентов? Докажите свою точку зрения.

§ 40. СТРУКТУРА ЭКОСИСТЕМЫ



- Каковы обязательные компоненты экосистемы?
- •• Чем определяются видовая и пространственная структуры экосистемы?

Структура (от лат. *структура* — строение, расположение) — это определённая взаимосвязь составных частей, обеспечивающая целостность объекта. Как было изложено ранее, в составе любой экосистемы можно выделить два основных структурных блока: комплекс факторов неживой природы, так называемое абиотическое окружение, или *экотоп*, и совокупность всех живых организмов — *биоценоз*. Экотоп — это не однородная система, он состоит из разнообразных абиотических факторов, которые в сумме определяют климатические, географические, почвенные и другие характеристики экосистемы. Однако это не единственная структурная характеристика экосистемы.

Экологическая ниша. Несмотря на то что в пределах любой экосистемы на одной и той же территории обитает множество популяций, каждая из них адаптирована к строго определённым условиям существования (рис. 143). Как вы уже знаете, совокупность всех необходимых для данной популяции условий называют её *экологической нишей*. Часто говорят, что экологическая ниша вида определяется его «адресом», «профессией» и «стилем жизни». Ни в одной экологической нише не может одновременно существовать больше одного вида организмов. Существует и обратное правило: пустующая ниша обязательно будет заполнена. Популяции, занимающие одни и те же экологические ниши, никогда не смогут ужиться на одной территории. В своё время в Европе повсеместно была распространена чёрная крыса, однако серые крысы, приплывшие на кораблях из Китая, сильно потеснили своих чёрных собратьев, поскольку их экологические ниши в значительной степени совпадали.

В соответствии с числом и расположением экологических ниш популяций можно охарактеризовать структуру экосистемы.

Видовая структура экосистемы. Видовая структура экосистемы определяется числом видов, которые входят в её состав, и количественным соотношением особей этих видов. В благоприятных условиях может существовать большое количество экологических ниш, которые заселяются многочисленными видами. Обычно же в сообщество входит множество относительно малочисленных видов и сравнительно немного видов, общая численность и биомасса которых велики. Высокая численность популяций свидетельствует о том, что конкретные виды оптимально приспособлены к конкретным условиям и важны для стабильного существования данной экосистемы.

Видовое разнообразие обеспечивает стабильность экосистем. Чем больше видовое разнообразие, тем больше у экосистемы возможностей приспособиться

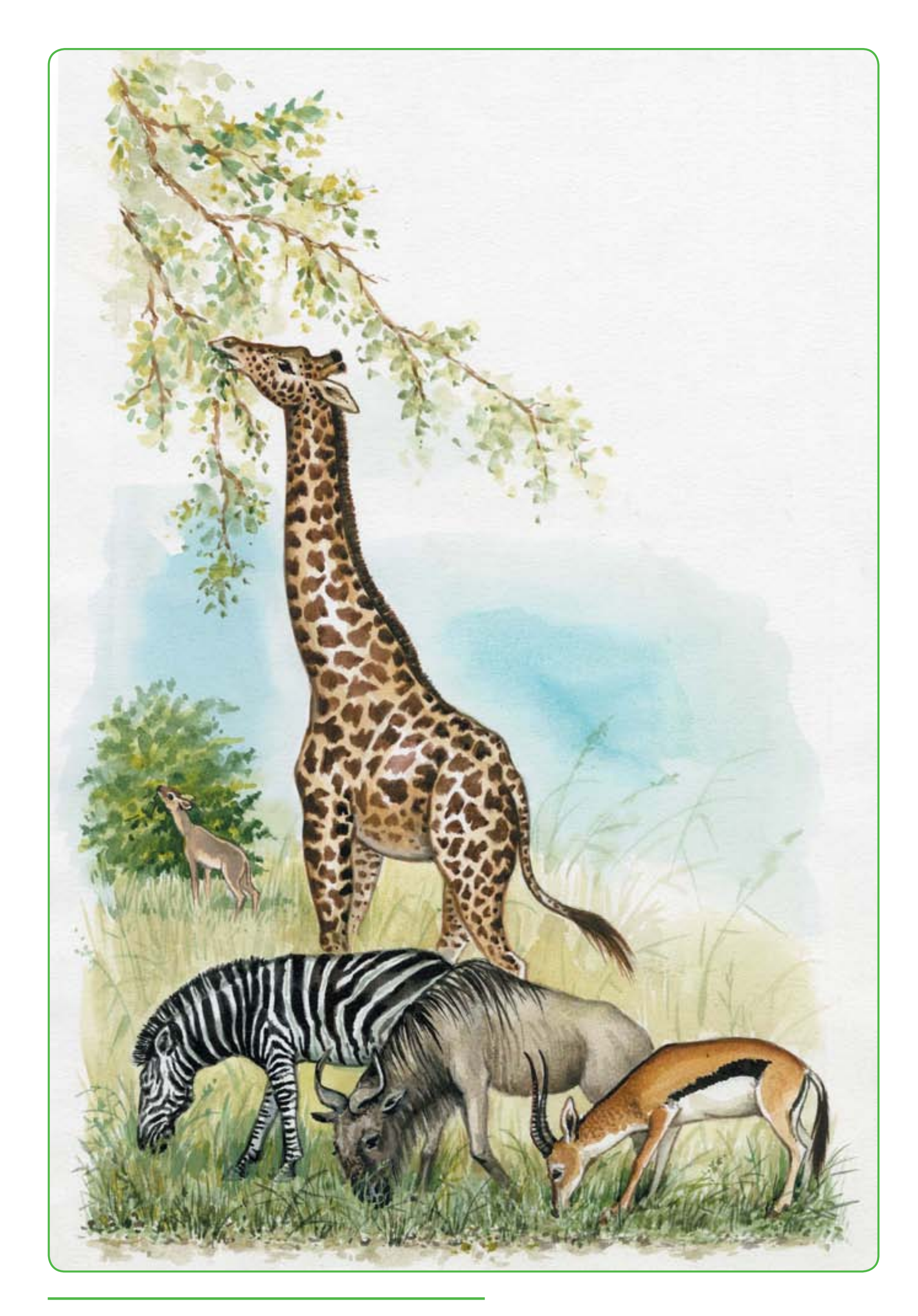


Рис. 143. Имея разные пищевые предпочтения, все виды животных саванны занимают разные экологические ниши

к изменяющимся условиям, следовательно, тем больше её устойчивость. В дальнейшем мы увидим, что искусственные системы, создаваемые человеком, в которых специально поддерживается очень низкий уровень видового разнообразия, обладают и очень низкой устойчивостью.

Пространственная структура экосистемы. Пространственная структура большинства биогеоценозов и, следовательно, экосистем определяется **ярусным**

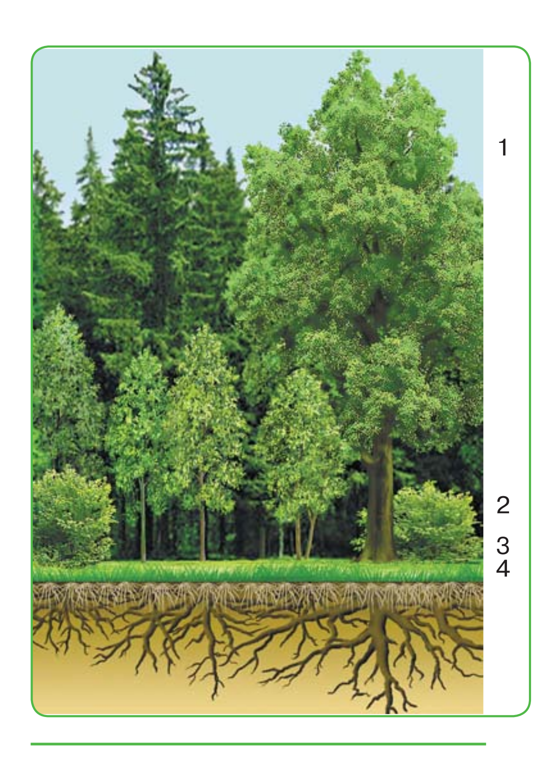


Рис. 144. Ярусная структура лиственного леса, разные ярусы обозначены цифрами

расположением растительности. Например, в типичном листопадном лесу выделяют древесный, кустарниковый, травяной и надпочвенный (приземный) ярусы (рис. 144). Углубляясь в почву, также можно обнаружить «этажи», образованные корнями определённых растений, где обитают разные виды подземных животных. Подобная пространственная организация экосистемы позволяет растениям эффективно использовать солнечный свет и ресурсы почвы, а многочисленным животным и микроорганизмам — сосуществовать вместе, занимая разнообразные экологические ниши. Даже такие подвижные обитатели леса, как птицы, предпочитают жить и тем более гнездиться на определённой, «своей» высоте. Часто родственные виды птиц обитают в различных ярусах леса для того, чтобы разделить свои экологические ниши.

Вертикальная ярусность существует и в водоёмах, где верхние слои воды имеют бо́льшую освещённость и более высокую температуру. На поверхностной плёнке водоёма обитают организмы, называемые ***нейстоном***. Организмы, обитающие в толще воды и пассивно переносимые течением, — это ***планктон***. Различают *фитопланктон*, состоящий из мелких водорослей, и *зоопланктон*, в состав которого входят простейшие животные, мелкие ракообразные, некоторые личинки и пр. Активно передвигающиеся в толще воды животные, такие как рыбы и китообразные, образуют ***нектон***. И наконец, на самом дне или возле него обитают животные (кораллы, некоторые ползающие рыбы и моллюски), которых называют ***бентосом***.

Ещё одной важной характеристикой экосистемы является её ***трофическая структура***, которую мы рассмотрим в следующем параграфе.



Запомнить: экологическая ниша; видовая структура экосистемы, пространственная структура экосистемы; ярусное расположение растительности; нейстон, планктон, нектон, бентос.

ВЫВОДЫ

В соответствии с числом и расположением экологических ниш популяций можно охарактеризовать структуру экосистемы. Видовая структура определяется числом видов, которые входят в состав экосистемы, и количественным соотношением особей этих видов. Пространственная структура большинства экосистем определяется ярусным расположением растительности.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое экологическая ниша?
2. Какова роль видового разнообразия в поддержании стабильного состояния экосистемы?
3. Почему искусственные экосистемы менее устойчивые, чем природные?
4. Чем определяется пространственная структура экосистем?
5. Чем планктон отличается от нектона?

Выполни задания

1. Перечислите основные ярусы растительности в экосистемах вашего края.
2. Опишите видовой состав и пространственную структуру одной из экосистем вашего края.

Обсуди с товарищами

Где больше видовое разнообразие: на отдельном острове или на архипелаге[1]? Объясните почему.

Выскажи мнение

Много ли пустующих экологических ниш можно обнаружить в экосистеме?

§ 41. Пищевые связи в экосистеме

- Что такое трофическая структура экосистемы?
- Какие типы пищевых цепей существуют в природе?



Живые организмы постоянно взаимодействуют друг с другом и с факторами внешней среды, формируя устойчивую экосистему. Как правило, взаимоотношения организмов друг с другом и с окружающей средой строятся на основе пищевого поведения.

Рассмотрим экосистему дубравы. Олени едят травянистые растения и листья кустарников, белки не прочь полакомиться желудями и грибами, а ежи — дождевыми червями, филин на ночной охоте ловит мышей. Многочисленные насекомые, жёлуди дуба, плоды дикой яблони и груши, семена и ягоды — прекрасный корм для птиц. На мёртвых органических остатках развиваются бактерии, которых потребляют простейшие, служащие в свою очередь кормом для многочисленных мелких почвенных беспозвоночных. Все виды организмов связаны друг с другом сложной системой *пищевых взаимоотношений*. Поэтому одной из важнейших структур, характеризующих любую экосистему, является её *трофическая структура* (от греч. *trophe* — пища, питание).

Трофическая структура экосистемы. Эта структура описывает пищевые отношения между популяциями и перемещение энергии в экосистеме. Любая

[1] *Архипелаг* — группа островов, расположенных близко друг к другу, обычно имеющих одинаковое происхождение.

экосистема — открытая система, которая требует постоянного притока энергии. Если не принимать в расчёт хемосинтезирующие бактерии, то основным источником этой энергии является солнечное излучение. При условии отсутствия на Земле живых организмов практически вся энергия Солнца рассеивалась бы, превращаясь в тепловую энергию. Однако благодаря фотосинтезу часть этой энергии превращается в энергию химических связей. Способные к фотосинтезу автотрофы — растения являются первичными потребителями поступающей на Землю солнечной энергии. Как вам уже известно, растения называют *продуцентами*, потому что именно они запасают энергию Солнца, синтезируя органические вещества. Продуценты находятся в экосистеме на ***первом трофическом уровне*** (рис. 145).

Гетеротрофные организмы, не умеющие извлекать энергию непосредственно из солнечного излучения, называют *консументами*, т. е. *потребителями*. Животные, питающиеся растениями, находятся на ***втором трофическом уровне***, это *первичные консументы*, или **консументы первого порядка**. Организмы, поедающие этих животных, занимают ***третий трофический уровень*** и называются **вторичными консументами (консументами второго порядка)**. Каждый организм, занимающий определённый трофический уровень, образует ***трофическое (пищевое) звено***. В результате соединения нескольких трофических звеньев образуется ***пищевая цепь***, в которой каждое предыдущее звено служит пищей последующему. Пищевую цепь можно удлинять, выделяя консументов более высоких уровней, однако она редко насчитывает более четырёх-пяти звеньев.

КОНСУМЕНТ 3-го порядка
КОНСУМЕНТ 2-го порядка
КОНСУМЕНТ 1-го порядка
ПРОДУЦЕНТЫ

Рис. 145. Трофические уровни

Пищевые цепи. Приведём несколько примеров пищевых цепей. Допустим, что где-то на лугу растёт растение (продуцент), соком которого питается тля (первичный консумент). Тлю съела хищная муха (вторичный консумент), муху — паук (третичный консумент), паука — мелкая птица (консумент четвёртого порядка), а мелкую птицу — кошка (консумент пятого порядка). Таким образом, мы получили цепь питания, состоящую из шести трофических уровней (продуцент и консументы пяти порядков).

В море продуцентом служит фитопланктон, которым питается зоопланктон (инфузории, мелкие рачки и различные личинки). Зоопланктон поедают мелкие рыбы, а тех — более крупные рыбы, которые в конце концов попадают на стол к человеку. Эта цепь состоит из пяти уровней, продуцентом в ней служит фитопланктон, а консументом четвёртого порядка — человек.

Такую пищевую цепь, ведущую от растений (фитопланктона) к рас-



Рис. 146. Пастбищная цепь



Рис. 147. Детритная цепь

тительноядным животным, а затем к хищникам, поедающим этих животных, называют ***пастбищной цепью*** или ***цепью выедания*** (рис. 146).

Существует и другой вид пищевой цепи. Всё, что не используется в пастбищной цепи, превращается в мёртвое органическое вещество, состоящее из неусвоенных остатков пищи, трупов животных и отмерших остатков растений. Это вещество называют *детритом*, оно является началом ***детритной цепи***, или ***цепи разложения***. Детритную цепь образуют животные, питающиеся падалью, калоеды, а также бактерии и грибы, обитающие на мёртвых органических веществах (рис. 147). Это *редуценты*, которые превращают органические вещества в неорганические. В дальнейшем неорганические вещества поглощаются из почвы растениями, и круговорот веществ замыкается.

Запомнить: пищевые взаимоотношения; трофическая структура экосистемы; трофические уровни; консументы первого порядка, консументы второго порядка; трофическое (пищевое) звено; пищевые цепи: пастбищная (цепь выедания), детритная (цепь разложения).



ВЫВОДЫ

Трофическая структура экосистемы описывает пищевые отношения между популяциями и перемещение энергии. Продуценты находятся в экосистеме на первом трофическом уровне. На втором трофическом уровне располагаются животные, питающиеся растениями, — это первичные консументы. Организмы, поедающие этих животных, занимают третий уровень и называются вторичными консументами. Каждый организм, занимающий определённый трофический уровень, образует трофическое (пищевое) звено. В результате соединения нескольких трофических звеньев образуется пищевая цепь.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что описывает трофическая структура экосистемы?
2. Почему именно продуценты занимают в экосистеме первый трофический уровень?
3. Какие организмы занимают третий трофический уровень?
4. Что такое пищевая цепь?

Выполни задания

1. Перечислите и охарактеризуйте трофические уровни.
2. Приведите примеры пастбищной и детритной цепей.
3. Назовите виды растений и животных, обитающих в вашей местности, занимающих смежные трофические уровни и входящих в одну пищевую цепь.

Обсуди с товарищами

Каковы характерные особенности пастбищной и детритной цепей?

§ 42. Экологические пирамиды



- Что такое трофический уровень?
- Какие существуют типы экологических пирамид?

При переходе с одного трофического уровня на каждый следующий, более высокий трофический уровень значительная часть энергии теряется, рассеиваясь в виде тепла или переходя в детритную цепь. Потери обычно достигают 90%. Правило, согласно которому количество энергии снижается при переходе на каждый следующий трофический уровень, называют ***правилом экологической пирамиды***.

Типы экологических пирамид. Построить экологическую пирамиду можно разными способами. Рассмотрим сначала ***пирамиду численности***. Если подсчитать, сколько травинок растёт на данном участке луга, сколько на нём обитает питающихся этой травой полёвок и сколько змей, поедающих этих полёвок, то мы заметим, что при переходе с уровня на уровень число особей уменьшается. Однако такая пирамида может оказаться и перевёрнутой. Допустим, что где-то на первом трофическом уровне растёт дуб. Он один, но на нём кормится огромное количество насекомых, червей и даже птиц. Таким образом, одному продуценту соответствует множество консументов.

Для того чтобы в приведённом примере избежать переворачивания пирамиды, можно построить так называемую ***пирамиду биомассы*** (рис. 148). Если оценить массу дуба и сравнить её с общей биомассой всех кормящихся на нём организмов, то пирамида будет восстановлена в привычном виде — биомасса продуцентов окажется значительно больше биомассы консументов.

Пирамида биомассы редко бывает перевёрнутой, но иногда случается и такое. Поэтому правильнее всего рассматривать ***пирамиду энергии***, где учи-



Рис. 148. Пирамида биомассы (показывает количественные соотношения биомасс организмов каждого трофического уровня экосистемы)

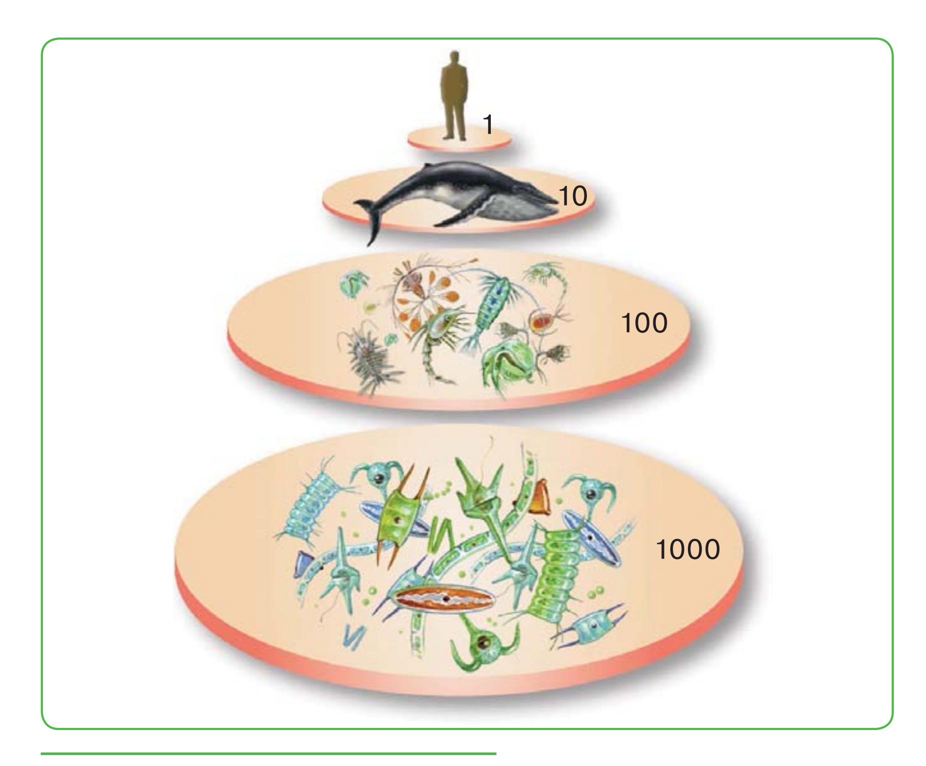


Рис. 149. Пирамида энергии показывает количество энергии, содержащейся в пище на каждом трофическом уровне (иллюстрирует «правило 10%»)

тывается количество энергии, передающейся с каждого трофического уровня на следующий (рис. 149). Такую пирамиду довольно трудно рассчитать, но зато она даёт самую объективную информацию.

При перемещении энергии по пищевой цепи с одного уровня на другой часть энергии, заключённой в пище, не усваивается и выводится из организма с экскрементами, часть теряется в процессе биохимических превращений. При этом следует учитывать, что консументы первого порядка практи-

чески никогда не съедят всех продуцентов и сами они далеко не все будут съедены хищниками. Следовательно, не вся энергия, запасённая на том или ином уровне, перейдёт дальше. Ну и, конечно, много энергии, полученной с пищей, тратится на движения животных, в результате чего выделяется тепло.

Подсчитано, что на любой трофический уровень переходит лишь около 10% энергии предыдущего уровня («правило 10%»). Именно поэтому общее число трофических уровней (звеньев в цепи питания) редко превышает четыре-пять.

Совместная деятельность разных экологических групп организмов является двигателем биологического круговорота веществ в экосистеме. Этот круговорот поддерживается постоянным притоком новых порций энергии. А вот круговорота энергии в экосистеме не существует. Энергия, усвоенная организмами, расходуется на их жизнедеятельность, постепенно переходит в тепловую форму и рассеивается в окружающей среде. Поэтому без постоянного притока энергии извне существование любой экосистемы и в целом всей нашей планеты было бы невозможно.

Пищевая сеть. Если проследить отдельные пищевые цепи, то можно обнаружить, что они очень редко изолированы друг от друга. Обычно одно и то же растение служит пищей нескольким животным, которые, в свою очередь, могут быть съедены разными хищниками. Пастбищные цепи постоянно переплетаются как между собой, так и с детритными цепями. В приведённом выше примере пастбищной пищевой цепи (см. § 41) птица могла съесть муху, минуя паука, и тем самым понизить свой трофический уровень, а заодно и уровень съевшей её затем хищной птицы. Человек в другом вышеприведённом примере был консументом четвёртого порядка, но ведь он мог приготовить рыбу с овощным гарниром, став при этом одновременно первичным консументом. Поэтому экологи, описывая экосистему, обычно говорят не о пищевых цепях, а о **пищевых сетях**.



Запомнить: правило экологической пирамиды; типы экологических пирамид: пирамида численности, пирамида биомассы, пирамида энергии; пищевая сеть.

ВЫВОДЫ

Правило, согласно которому количество энергии снижается при переходе на следующий трофический уровень, называют правилом экологической пирамиды. Построить экологическую пирамиду можно разными способами: пирамида численности, пирамида биомассы, пирамида энергии. Последняя даёт самую объективную информацию. Экологи, описывая экосистему, обычно говорят не о пищевых цепях, а о пищевых сетях.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое экологическая пирамида?
2. Какие существуют типы экологических пирамид?
3. Что такое перевёрнутая пирамида численности?
4. Чем пищевая сеть отличается от пищевой цепи?

Выполни задание

Используя «правило 10%», рассчитайте долю энергии, поступающей на четвёртый трофический уровень, при условии, что на первом уровне её общее количество составляло 1000 единиц.

Обсуди с товарищами

1. Каковы характеристики пирамид численности, биомассы и энергии?
2. Почему количество трофических уровней редко превышает 4—5?

Выскажи мнение

При переходе с одного трофического уровня на каждый следующий теряется до 90% энергии. Куда уходит эта энергия?

§ 43. Агроэкосистема (агроценоз) как искусственное сообщество организмов

- Какие бывают экосистемы?
- Что влияет на устойчивость экосистемы?



Искусственные экосистемы. Почти 10 тыс. лет назад, в эпоху нового каменного века (неолита), в жизни людей наряду с охотой, рыбной ловлей и собирательством всё большее значение стало приобретать скотоводство и земледелие. Человек начал одомашнивать животных, разводить растения. С переходом к скотоводству и земледелию человечество положило начало разрушению сложившихся природных сообществ и созданию новых — искусственных. Конечно, в те далёкие времена влияние человека на природу было ещё минимальным. Но в настоящее время антропогенный фактор оказывает очень сильное влияние на окружающий мир: люди строят заводы, вырубают леса, меняют течение рек, занимаются охотой и массовой ловлей рыбы, пасут стада на лугах. Города, посёлки, деревни занимают места бывших естественных экосистем.

Человек не только изменяет существующие экосистемы, но и создаёт свои собственные: высаживает злаки на полях, формирует плодовые сады и огороды, строит огромные теплицы с искусственным климатом. Экосистемы, со-


а


б

Рис. 150. Агроценозы: *а* — виноградник; *б* — бахча

зданные человеком на землях сельскохозяйственного пользования, называют ***агроценозами*** (от греч. *agros* — поле) или ***агроэкосистемами***[1]. Для первых искусственных экосистем такое название было вполне оправданно, однако в настоящее время разнообразие созданных человеком экосистем значительно возросло: комплексы биологической очистки сточных вод, биотехнологические производства и т. д. Для их обозначения используют более широкое понятие — «искусственная экосистема».

Сравнение искусственных и естественных экосистем. Давайте сравним естественные (природные) экосистемы и агроценозы. Агроценоз обладает всеми характерными свойствами экосистемы. В агроценозе присутствуют все основные группы организмов: продуценты, консументы и редуценты. Если мы говорим, например, о таком агроценозе, как поле или сад, то продуценты в нём — это растения, посаженные человеком (рис. 150), а также другие растения, которые в агроценозах называют сорняками. Консументами в агроценозе, например, на пшеничном поле являются насекомые, птицы, мыши-полёвки, а также небольшие хищники. Роль редуцентов выполняют грибы и бактерии, разлагающие мёртвые органические остатки.

В агроценозе, так же как и в природном биогеоценозе, формируются пищевые цепи. При этом обязательным звеном пищевой сети агроценоза является человек, возделывающий поля и употребляющий сельскохозяйственную культуру в пищу. Также для агроценоза характерен поток энергии и круговорот веществ: частичный их отток — рассеяние энергии в виде тепла и изымание вещества человеком в виде урожая — и постоянный приток — в виде энергии солнечного света, вносимых человеком удобрений и человеческого труда.

Однако между агроценозом и природным биогеоценозом есть ряд характерных различий. *Во-первых*, в природной экосистеме основной движущей силой эволюции является естественный отбор, который обеспечивает выживание наиболее приспособленных особей. В агроценозе же естественный отбор хоть и присутствует, но над ним ***превалирует искусственный отбор***, осуществляемый человеком: человек прилагает усилия, чтобы поддерживать нормальное развитие основной сельскохозяйственной культуры. Во главу угла ставится не приспособленность организмов к условиям окружающей среды, а объём и качество продукции, которая будет использована человеком.

[1] Сообщества растений и животных, искусственно созданные человеком в морских и пресноводных водоёмах, также относят к категории агроценозов.

Во-вторых, агроценоз отличается от природной экосистемы ***источниками энергии***. В природном биогеоценозе единственный внешний источник энергии — это солнечное излучение, используемое растениями для фотосинтеза. В агроценозе этот источник энергии также присутствует, однако он не является единственным. Дополнительный энергетический вклад вносит человек — это организация при необходимости искусственного освещения (например, в теплицах), прополка, полив, если почва сухая, или осушение, если почва заболоченная.

В-третьих, существуют ***различия в балансе продукции*** биогеоценоза. В природном биогеоценозе всё вещество остаётся внутри его, лишь перемещаясь по цепям питания. При этом на следующий трофический уровень переходит только около 10% энергии предыдущего уровня. В агроценозе же человек, будучи консументом высшего порядка, получает не 10%, типичные для природной экосистемы, а гораздо бо́льшую её часть (собственно, для этого и созданы агроценозы). Однако, собирая урожай, человек изымает различные питательные элементы, которые необходимы для поддержания устойчивой структуры агроценоза. Чтобы компенсировать потери вещества, человеку приходится вносить определённый набор удобрений, содержащих все необходимые питательные элементы в количествах, достаточных для функционирования агроценоза.

В-четвёртых, агроценозы отличаются от большинства природных биогеоценозов ***степенью видового разнообразия***. Как правило, в природном биогеоценозе видовое разнообразие очень велико, в то время как в агроценозе всегда можно выделить одного безусловного лидера по численности и продукции биомассы. Им является та сельскохозяйственная культура, которую возделывает человек: пшеница, сорт яблонь или груш и т. д. Таким образом, видовое разнообразие агроценоза обычно ниже, чем природных экосистем.

Ещё одним, *пятым*, различием является ***неодинаковая устойчивость*** естественных и искусственных экосистем. Природный биогеоценоз при неизменности окружающих условий может сохраняться на протяжении многих лет. Агроценоз же, если его не поддерживать, быстро разрушается и исчезает, поскольку без помощи человека культурные растения не выдерживают конкуренции с дикими видами и в результате ими вытесняются. На месте агроценоза чаще всего возникает степь или лес, причём тип нового сообщества зависит от местных климатических условий.

Экосистема городов. В настоящее время города превратились в самостоятельные экосистемы. Как правило, в городах остаются те виды животных, которые могут изменить своё поведение и адаптироваться к городской жизни. Естественное соотношение продуцентов, консументов и редуцентов в городах нарушено. Город постоянно получает дополнительные энергию и ресурсы, необходимые для его функционирования.

В любом современном городе, особенно если он крупный промышленный, токсичные отходы, выхлопы автомобилей загрязняют окружающую среду. Поэтому, для того чтобы достичь экологического равновесия в городской экосистеме, человек берёт на себя регулирование всех процессов, связанных с круговоротом вещества и энергии. Таким образом, город оказывается отдельной экосистемой со своим климатом, со своим набором видов.

В настоящее время активно развивается ***экология города*** — раздел экологии, рассматривающий город как единый сложно устроенный организм, который активно обменивается веществом и энергией с окружающей его природой, сельскохозяйственными комплексами и другими городами. Перенаселение и

загрязнение среды обитания — одни из основных проблем экосистемы города. Городская среда, предоставляя человеку комфорт, лишает его необходимой физической нагрузки и при этом ещё оказывает сильное стрессовое воздействие. Вблизи городов должны создаваться зелёные зоны для спорта и отдыха жителей, а также заповедные участки нетронутой природы. Необходимые условия здоровой городской среды — большое количество зелёных насаждений, снижение загрязнения, рациональное управление отходами.



Запомнить: агроценоз (агроэкосистема); экосистема городов; экология города.

ВЫВОДЫ

Агроценоз обладает всеми характерными свойствами экосистемы, но при этом имеет немало отличий от природного биогеоценоза. В агроценозе превалирует искусственный отбор, осуществляемый человеком; солнечный свет не является единственным источником энергии; человек, будучи консументом высшего порядка, получает не 10% энергии, типичные для природной экосистемы, а гораздо бóльшую её часть; видовое разнообразие агроценоза обычно ниже по сравнению с природными экосистемами; агроценоз менее устойчив, и если его не поддерживать, то он разрушится и исчезнет.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Какие искусственные экосистемы вам известны?
2. Чем агроценозы отличаются от естественных экосистем?
3. Почему в отсутствие поддержки человека агроэкосистемы быстро разрушаются и исчезают?
4. Что такое баланс продукции?
5. Каковы особенности экосистемы города?
6. Какие проблемы стоят перед экологами в крупных промышленных городах?

Выполни задания

1. Составьте список агроэкосистем вашего края и охарактеризуйте их.
2. Дайте определение термина «агроценоз».

Обсуди с товарищами

Подготовьте рекомендации по созданию искусственного леса. Как добиться его максимальной устойчивости?

Работа с моделями, схемами, таблицами

По самостоятельно разработанным критериям составьте и заполните таблицу «Сравнение агроценоза и естественной экосистемы».

§ 44. БИОСФЕРА — ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА. В. И. Вернадский — основоположник учения о биосфере. Структура биосферы

- Что называют биосферой?
- •• Какова структура биосферы?



Биосфера — глобальная экосистема. Многочисленные экосистемы нашей планеты не изолированы друг от друга. Даже между очень разными или очень удалёнными сообществами происходит постоянный обмен живыми организмами, органическими и неорганическими веществами. Перелётные птицы способны совершать сезонные миграции на расстояния в сотни километров. При этом в летний сезон они являются звеньями пищевых цепей одного биогеоценоза, а с наступлением осени перелетают в более тёплые места и там включаются в пищевую сеть новой экосистемы. Рождённый в пруду головастик, превратившись в лягушку, выбирается на сушу и становится элементом наземного биогеоценоза. Все экосистемы взаимосвязаны и взаимозависимы. Постоянный обмен веществом и энергией, происходящий между ними, позволяет нам рассматривать все живые организмы Земли и среду их обитания как единую глобальную экосистему — биосферу. ***Биосфера*** *— это особая оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяются совокупной деятельностью живых организмов.* Иначе можно сказать, что ***биосфера*** *— это область распространения жизни на нашей планете.*

Биосфера — живая оболочка Земли. Мысль о существовании некоей «области жизни» высказывал ещё Жан Батист Ламарк. Термин «биосфера» предложил австрийский ученый *Эдуард Зюсс* (1831–1914) в своей книге «Лик Земли» в 1875 г. Он определил биосферу как тонкую плёнку жизни на земной поверхности, которая в значительной степени формирует облик всей планеты. Однако широкое распространение этот термин получил только в первой трети XX в., когда российский учёный, академик *Владимир Иванович Вернадский* (1863–1945) (рис. 151) создал учение о биосфере. Он распространил понятие биосферы не только на живые организмы, но и на среду их обитания, с которой они неразрывно связаны. Вернадский впервые указал на роль живой природы в преобразовании планеты.

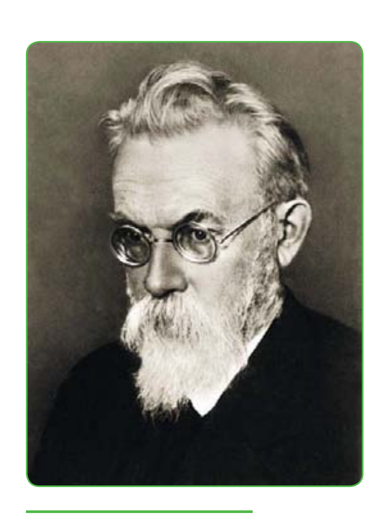


Рис. 151. В. И. Вернадский

В. И. Вернадский не был по специальности биологом, он был кристаллографом, минералогом и геохимиком, его докторская диссертация называлась «Явления скольжения кристаллического вещества». Однако в круг интересов учёного входили многие науки: геология и почвоведение, биология и палеонтология, философия и история. И в 1926 г. в свет вышла его книга «Биосфера», в которой Вер-


а


б

Рис. 152. Живое вещество: *а* — животные; *б* — растения

надский говорил о биосфере с точки зрения геохимика, обращая внимание на то, что биосфера — это не только область обитания живых существ, но и уникальная по своему химическому составу среда.

В структуре биосферы Вернадский выделял семь видов вещества, четыре из которых являются основными:

1) **живое вещество** — совокупность всех живых организмов (животных, растений, грибов, микроорганизмов) (рис. 152);

2) **биогенное вещество** — органно-минеральные продукты, созданные в результате жизнедеятельности организмов (нефть, каменный уголь, газ, торф, известняки и др.) (рис. 153);

3) **косное вещество** — вещество, которое образуется без участия живых организмов (горные породы, являющиеся результатом вулканической деятельности, образования, возникающие вследствие геотектонических процессов — движения литосферных плит) (рис. 154);

4) **биокосное вещество** — вещество, которое создаётся в результате совместной деятельности живых организмов и абиогенных процессов (почва, ил, атмосфера и др.) (рис. 155).

Остальные три части представляют собой *вещества, находящиеся в состоянии радиоактивного распада*, *рассеянные атомы* и *вещества космиче-*


а


б

Рис. 153. Биогенное вещество: *а* — каменный уголь; *б* — известняк

ского происхождения, приходящие на Землю от Солнца и от более далёких космических тел.

Границы биосферы. В строении Земли можно выделить несколько оболочек. Наружная — ***атмосфера*** — состоит из смеси газов, в основном азота и кислорода. Две трети земного шара покрыто водой, которая составляет ***гидросферу***, а остальная треть и всё, что находится под водой, являются твёрдым веществом — ***литосферой***.



а



б

Рис. 154. Косное вещество биосферы: *а* — гранит; *б* — пемза

Границы распространения на планете живого в этих трёх оболочках определяются абиотическими факторами. Отсутствие кислорода, чрезмерное давление, очень низкая или высокая температура и многие другие факторы делают невозможным существование жизни. Верхняя граница биосферы определяется озоновым слоем, который на высоте около 20 км[1] от поверхности Земли задерживает избыточное ультрафиолетовое излучение. На высоте 16–20 км в атмосфере ещё встречаются споры, пыльца, бактерии, мельчайшие насекомые, которые поднимаются с поверхности земли воздушными потоками. В гидросфере жизнь существует на всех глубинах, проникая даже, несмотря на чудовищное давление, в 10–11-километровые впадины. В литосфере жизнь встречается до глубины 3,5 км на суше (бактерии в нефтяных месторождениях) и на 1–2 км ниже дна океана, хотя результаты жизнедеятельности организмов в виде осадочных



Рис. 155. Биокосное вещество — почва

[1] Высота расположения озонового слоя относительно поверхности Земли варьирует от 15 до 30 км в зависимости от широты: в тропических широтах выше, в полярных — ниже.

пород прослеживаются гораздо глубже. Однако в основном в литосфере жизнь сосредоточена в верхнем плодородном слое — почве[1].

Итак, верхняя граница биосферы находится на высоте примерно 20 км над земной поверхностью, а нижняя — на глубине 2–3 км под поверхностью суши и 1–2 км под дном океана. В других частях земного шара жизнь пока не обнаружена. Если учесть, что радиус Земли составляет почти 6400 км, то становится понятным, что биосфера, толщина которой не превышает 25 км, представляет собой очень тонкую и хрупкую «плёнку жизни» на поверхности нашей планеты.



Запомнить: биосфера; живое вещество; биогенное вещество; косное вещество, биокосное вещество; границы биосферы; атмосфера, гидросфера, литосфера.

ВЫВОДЫ

Биосфера — это особая оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяются совокупной деятельностью живых организмов. Российский учёный, мыслитель В. И. Вернадский в первой трети XX в. создал учение о биосфере. В структуре биосферы Вернадский выделял семь видов вещества, четыре из которых являются основными: живое, биогенное, косное, биокосное. Границы распространения живого вещества на Земле определяются абиотическими факторами.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое биосфера?
2. Какие учёные принимали участие в развитии представления о биосфере?
3. Почему биосферу считают живой оболочкой Земли?
4. Какие виды вещества выделяют в структуре биосферы?
5. Каковы границы биосферы?

Выполни задания

1. Дайте определение понятия «биосфера».
2. Составьте перечень видов вещества биосферы, охарактеризовав каждый из них.
3. Сравните биосферу с другими оболочками Земли.

Обсуди с товарищами

1. Какое влияние на формирование биосферы оказала эволюция органического мира?
2. Как влияет на биосферу хозяйственная деятельность человека?
3. Какова геологическая роль живых организмов?

Выскажи мнение

Как происходило формирование такого биокосного вещества, как ил?

---

[1] В последние годы были получены сведения, что следы жизни в литосфере прослеживаются глубже — до 7,5 км.

§ 45. РАСПРОСТРАНЕНИЕ И РОЛЬ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА В БИОСФЕРЕ

- Что такое биомасса?
- Как распределяется живое вещество в биосфере?



Распространение живого вещества в биосфере. В пределах биосферы живое вещество распределено очень неравномерно. В верхних слоях атмосферы, в глубинах океана, в многокилометровой толще литосферы живые организмы встречаются редко. Основная жизнь сосредоточена на поверхности Земли, в верхних слоях морей и океанов, в почве.

Биомасса на земном шаре увеличивается от полюсов к экватору, что связано в первую очередь с климатическими факторами. Места наибольшей концентрации жизни на планете — это тропические леса (рис. 156), дельты рек в районах с жарким климатом, мелководные зоны морей, коралловые рифы (рис. 157). Эти экосистемы оптимально обеспечены теплом и влагой, и в них обитает огромное количество всевозможных видов организмов. Говоря научным языком, это экосистемы с максимальным видовым разнообразием.

Биомасса организмов, живущих на поверхности Земли, на 99,2% представлена растениями и лишь на 0,8% — животными, грибами и микроорганизмами. Качественно иная картина получается при рассмотрении живого вещества, обитающего в водной среде: на долю растений и микроорганизмов в Мировом океане приходится лишь 6,3% биомассы, а 93,7% обеспечивают животные. Видовое разнообразие биосферы имеет интересную особенность: 96% видов животных — это беспозвоночные, 4% — позвоночные, из которых лишь



Рис. 156. Тропический дождевой лес

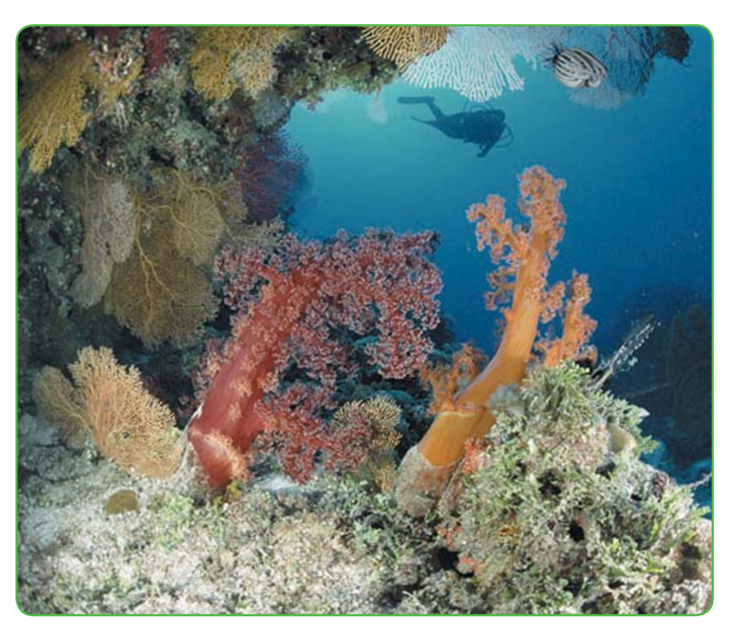


Рис. 157. Коралловый риф

десятая часть — млекопитающие, т. е. в биосфере преобладают более примитивно устроенные формы.

Несмотря на относительно небольшую общую массу по сравнению с массой всей планеты, живые организмы играют ведущую роль в геохимических процессах, обеспечивая круговорот веществ в природе. Масса живого вещества сравнительно мала и оценивается величиной $2{,}4 - 3{,}6 \cdot 10^{12}$ т (в сухом весе), что составляет менее 10^{-6} от массы всей Земли. Но, как писал В. И. Вернадский, это одна «из самых могущественных геохимических сил нашей планеты».

Роль живого вещества в биосфере. Биосферу можно рассматривать как огромную, охватывающую весь земной шар единую экосистему. В отличие от обычных экосистем, она обменивается с окружающей средой (внеземным пространством) только энергией, но не веществом. Отдельные метеориты и космическая пыль принципиальной роли в жизни биосферы не играют. Однако живое вещество биосферы является мощнейшим геологическим фактором, ведущей силой развития нашей планеты. С его помощью происходит постоянный круговорот вещества и энергии, в ходе которого большинство химических элементов неоднократно проходит через живые организмы. В учении о биосфере В. И. Вернадский основное внимание уделял именно роли живого вещества в биосфере. Учёный писал: «Живые организмы являются функцией биосферы и теснейшим образом материально и энергетически с ней связаны, являются огромной геологической силой, её определяющей». Действительно, живые организмы не только испытывают влияние со стороны окружающей их среды, но и сами активно влияют на среду своего обитания. В результате их жизнедеятельности физические и химические свойства среды (газовый состав воздуха и воды, структура и свойства почвы и даже климат местности) могут заметно меняться.

Самый простой и видимый невооружённым глазом способ влияния живых организмов на окружающую среду — это механическое воздействие (рис. 158).



Рис. 158. Кротовины — пример механического воздействия живых организмов на окружающую среду

Роя норы, прокладывая подземные ходы, животные изменяют свойства грунта. Лишайники, грибы и бактерии активно участвуют в разрушении горных пород. Их работу поддерживают растения, чьи корневые системы прорастают в мельчайшие трещины. Под действием корней высших растений укрепляется плодородный слой почвы, он становится более защищённым от разрушения водой или ветром.

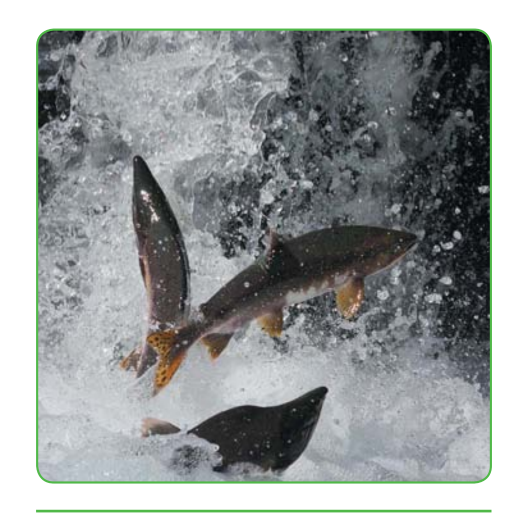


Рис. 159. Лосось, идущий на нерест

Многие организмы, живущие в воде, по типу питания являются фильтраторами. Пропуская через себя воду, они непрерывно отцеживают из неё органические частицы, мелкие организмы планктона. Выполняя работу биологических фильтров, эти организмы постоянно очищают природные воды.

Однако механическое воздействие организмов на биосферу не идёт ни в какое сравнение с их участием в физико-химических процессах. Так, например, многие газы, присутствующие в свободном виде в атмосфере и в связанном — в литосфере и гидросфере, имеют биогенное происхождение. Практически весь кислород в атмосфере был создан растениями.

Поглощая и испаряя воду, растения оказывают влияние на водный режим их местообитаний. Они увлажняют воздух, смягчают суточные колебания температуры и влажности, уменьшают порывы ветра, воздействуют на структуру и химический состав почв. Под пологом растительности формируется определённый микроклимат, комфортный для обитающих здесь организмов.

Организмы способны перемещать огромные массы различных веществ. Благодаря силе земного притяжения движение неживого вещества на Земле происходит в основном только сверху вниз: так падают водопады, текут реки, сходят лавины. А вот живые организмы могут осуществлять обратные перемещения — снизу вверх. Растения поднимают снизу вверх из почвенного раствора в корни, стебли и листья воду и растворённые в ней вещества. Стаи морских рыб мигрируют на нерест вверх по рекам, перемещая против течения большие количества живого органического вещества (рис. 159). Но организмы способны перемещать вещества не только вопреки закону гравитации, но и против градиента концентрации! Многие организмы могут избирательно поглощать и накапливать различные химические элементы в виде органических и неорганических соединений, при этом потребляя их из мест со значительно меньшей концентрацией, чем в самом организме. Например, хвощи аккумулируют из окружающей среды кремний, губки и некоторые водоросли — иод. В результате деятельности различных бактерий образованы многие месторождения серы, железных и марганцевых руд. Из тел ископаемых растений и планктонных организмов сформировались залежи каменного угля и запасы нефти. Скелеты мелких планктонных водорослей и раковинок морских простейших сложились в гигантские толщи известняковых пород.

Состав и плодородие почв тоже зависят от жизнедеятельности организмов. Бактерии, грибы, простейшие, почвенные клещи, дождевые черви, насекомые

и их личинки, а также многие другие животные преобразуют в гумус[1] животные и растительные остатки, перемешивают его с минеральными частицами, тем самым формируя почвенную структуру. Особая роль в биосфере принадлежит микроорганизмам. Не будь их, круговорот вещества и энергии не смог бы осуществляться и поверхность планеты была бы покрыта толстым слоем растительных остатков и трупов животных.



Запомнить: распространение живого вещества в биосфере; роль живого вещества в биосфере.

ВЫВОДЫ

В пределах биосферы живое вещество распределено очень неравномерно. Основная жизнь сосредоточена на поверхности Земли, в верхних слоях морей и океанов, в почве. Биомасса увеличивается от полюсов к экватору, что связано в первую очередь с климатическими факторами. Места наибольшей концентрации жизни на планете — это экосистемы, оптимально обеспеченные теплом и влагой. Живое вещество биосферы является мощным геологическим фактором нашей планеты. С его помощью происходит постоянный круговорот вещества и энергии, в ходе которого большинство химических элементов неоднократно проходит через живые организмы.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Что такое живое вещество?
2. Как распределяется биомасса в пределах биосферы?
3. Какова масса живого вещества планеты, насколько она соизмерима с массой других оболочек Земли?
4. Какова роль живого вещества в природе?

Выполни задания

1. Приведите примеры механического воздействия живых организмов на окружающую среду.
2. Расскажите, как осуществляется газовая функция живого вещества в биосфере.

Обсуди с товарищами

Как живые организмы перемещают огромные массы различных веществ?

Выскажи мнение

Согласны ли вы с тем, что микроорганизмам в биосфере принадлежит особая роль? В чём заключается эта роль?

[1] *Гумус* — лёгкая пористая часть почвы бурого или коричневого цвета, содержащая вещества, необходимые для питания растений.

§ 46. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ



- Когда на нашей планете возникла жизнь?
- Как происходило развитие биосферы?

На ранних этапах существования нашей планеты все изменения облика Земли были связаны только с геологическими процессами. Извержения вулканов, землетрясения, движения земной коры, процессы горообразования — всё это преобразовывало безжизненную геосферу нашей древней планеты.

Появление живой материи привело к возникновению качественно нового образования — биосферы, в которой объекты живой и неживой природы сосуществуют. В настоящее время в живой природе обнаружено около 90 химических элементов, т. е. бóльшая часть всех известных на сегодняшний день. Никаких специальных элементов, характерных только для живых организмов, не существует, поэтому за всю историю биосферы атомы большинства элементов, входящих в её состав, неоднократно прошли через тела живых организмов. Между органическим и неорганическим веществом на планете существует неразрывная связь, поскольку происходит постоянный круговорот вещества и энергии.

Биосфера не только область распространения жизни, но и *результат её деятельности*. Начиная с момента зарождения жизнь постоянно развивается и усложняется, оказывая воздействие на окружающую среду, изменяя её. Для того чтобы жизнь на нашей планете продолжалась, биосфера должна находиться в постоянном динамическом равновесии и развитии.

Как же происходило развитие биосферы? Первыми живыми организмами на нашей планете были анаэробы, способные усваивать готовые органические вещества первичного океана. Углекислый газ как побочный продукт их обмена веществ выделялся в атмосферу. Живые организмы довольно быстро истощили запасы органики. Преимущество получили и широко размножились микроорганизмы, способные синтезировать органические соединения из углекислого газа и присутствующего в атмосфере водорода. К примеру, в результате деятельности *метаногенных архей*[1] образовывался метан и высвобождалась энергия, использовавшаяся для процессов жизнедеятельности микроорганизмов:

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O + Q$$

Метан поступал в атмосферу и под действием ультрафиолетового излучения превращался в водорастворимые органические соединения, которые вновь возвращались в воду. Такое состояние сохранялось до тех пор, пока запасы газообразного водорода в атмосфере Земли не истощились. В результате археи лишились возможности перерабатывать углекислый газ в метан и, следовательно, остались без источника энергии для синтеза собственных питательных веществ.

---

[1] *Археи* — одноклеточные микроорганизмы, не имеющие ядра и мембранных органоидов. Ранее археи объединяли с бактериями в общую группу — *прокариоты* и называли *архебактериями*, однако сейчас такая классификация считается устаревшей. Установлено, что археи имеют свою независимую эволюционную историю и характеризуются многими биохимическими особенностями, отличающими их от других форм жизни.

Необходимо было найти новый источник получения энергии. Усложнение строения первичных бактерий привело к появлению *фотосинтеза*. Однако у первых фотосинтезирующих микроорганизмов фотосинтез протекал без выделения кислорода. На следующем этапе эволюции возникли организмы с более совершенным механизмом фотосинтеза, в результате которого в качестве побочного продукта в атмосферу стал выделяться кислород. Это явилось важнейшим событием архейской эры. В атмосфере постепенно накапливался кислород, что вело к изменению состава атмосферы Земли. Около 2,2 млрд лет назад количество кислорода достигло так называемой «точки Пастера» — 1% от его содержания в современной атмосфере. Учёные считают, что такой концентрации было достаточно для широкого распространения аэробных одноклеточных организмов. Процесс дыхания обеспечил организмы энергией, что дало толчок к возникновению многоклеточных организмов, их дальнейшему развитию и усложнению.

В процессе дыхания организмы потребляли кислород и выделяли углекислый газ, который, в свою очередь, использовался для синтеза органических веществ в процессе фотосинтеза. Постепенно между фотосинтезирующими организмами и гетеротрофами установилось равновесие, которое привело к стабилизации нового состава атмосферы. Сформировались современные круговороты углерода (рис. 160) и кислорода.

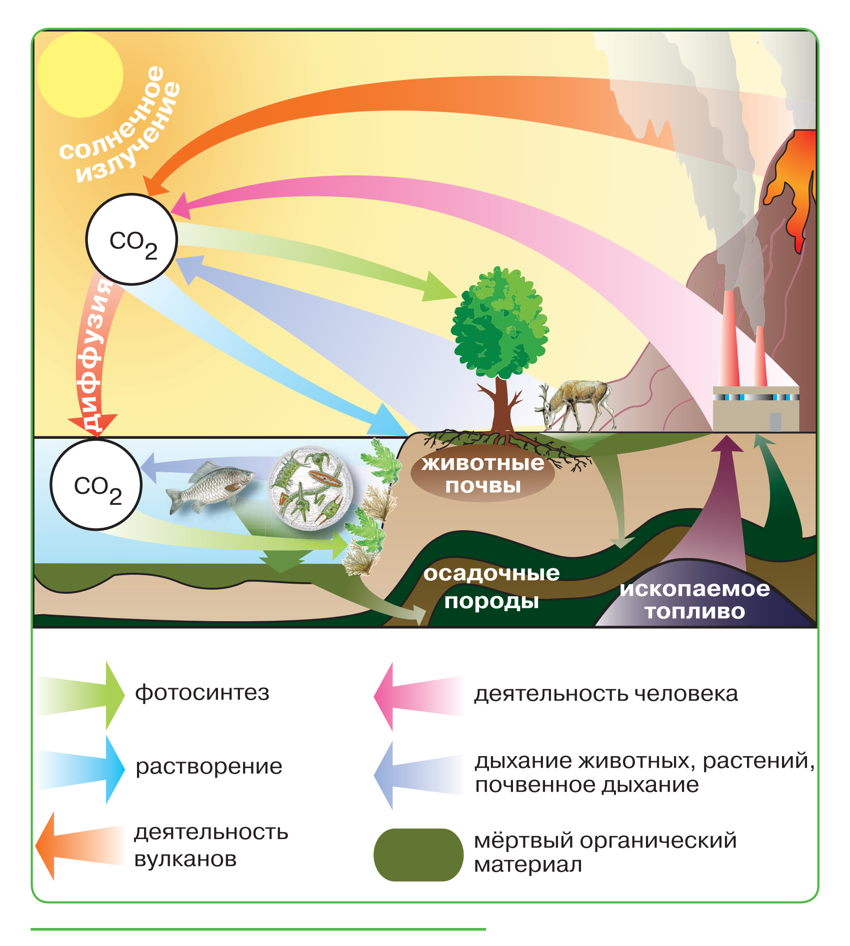


Рис. 160. Современный круговорот углерода на планете

Фотосинтез сыграл огромную роль в развитии органического мира и эволюции биосферы. Первые живые организмы развивались в воде, которая защищала их от губительного воздействия жёсткого ультрафиолетового излучения, достигавшего поверхности планеты. Под воздействием ультрафиолетовых лучей кислород, выделявшийся в процессе фотосинтеза, в верхних слоях атмосферы превращался в озон (O_3). По мере накопления озона сформировался *озоновый слой*, который, как экран, надёжно защитил поверхность Земли от избыточной солнечной радиации. Это позволило живым организмам выйти на сушу и заселить её.

Благодаря жизнедеятельности организмов в биосфере непрерывно синтезируются и распадаются органические вещества. По мере развития биосферы *соотношение процессов синтеза и распада* менялось. В начальный период эволюции биосферы процессы синтеза преобладали над процессами распада. Это привело к тому, что из древней атмосферы в большом количестве были изъяты метан, сероводород, углекислый газ, а количество свободного кислорода, отсутствовавшего в ней прежде, постепенно увеличилось и достигло современного уровня — 21%. В дальнейшем между этими процессами в биосфере установилось относительное равновесие.

Более 2,5 млн лет назад появились первые люди — далёкие предки современного человека. Вначале люди были охотниками и собирателями, и на этом этапе человек ещё вписывался в естественный круговорот веществ в природе. Однако, перейдя к земледелию, а несколько позднее и к скотоводству, добывая и используя полезные ископаемые, человек начал создавать искусственный круговорот веществ, вовлекая в него новые вещества — углеводороды, железо и другие полезные ископаемые. С этих пор эволюция биосферы вступила в новую фазу, где человеческий фактор стал мощной движущей силой. С появлением промышленности процессы разрушения в атмосфере стали преобладать над процессами синтеза, причём с развитием цивилизации эти тенденции становились всё более выраженными. Влияние человечества на биосферу возрастает с каждым годом.

Человек использует природу, не задумываясь о неизбежных последствиях своей деятельности. Чтобы предотвратить беду, необходимо в первую очередь перестроить не технологии, а собственное сознание и отношение к миру, в котором мы живём.



Запомнить: биосфера как результат деятельности жизни; метаногенные археи; фотосинтез; озоновый слой; соотношение процессов синтеза и распада.

ВЫВОДЫ

Биосфера не только область распространения жизни, но и результат её деятельности. Начиная с момента зарождения жизнь постоянно развивается и усложняется, оказывая воздействие на окружающую среду и изменяя её.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Какими были первые живые организмы на нашей планете?
2. Где развивались первые организмы?
3. Каким был результат деятельности метаногенных архей?
4. Какое значение для жизни на Земле имело появление фотосинтеза?
5. Когда и почему стало возможным появление аэробных одноклеточных организмов?

Выполни задание

Подготовьте сообщение на тему «Метаногенные археи — «поставщики» органических соединений в древней биосфере».

Обсуди с товарищами

Объясните, почему биосфера не только область распространения жизни, но и результат её деятельности.

§ 47. НООСФЕРА



- Что такое ноосфера?
- Какова роль человека в биосфере?

Ноосфера как сфера разума. В 1927 г. профессор математики Сорбонны *Эдуард Леруа* (1870–1954) и его друг палеонтолог и антрополог *Пьер Тейяр де Шарден* (1881–1955), основываясь на лекциях, которые в 20-х гг. XX в. читал в Сорбонне В. И. Вернадский, впервые ввели понятие «ноосфера» (от греч. «ноос» — разум), т. е. *сфера разума, «разумная оболочка» Земли*. Представления Леруа и де Шардена о ноосфере были в основном религиозно-философскими, а дальнейшее естественно-научное развитие эта идея получила в трудах Вернадского.

Идея ноосферы заключается в том, что с появлением на Земле человека закономерности развития биосферы стали меняться. Человек не только приспосабливается к окружающей его среде, но и коренным образом её преобразует.

Хотя само понятие ноосферы возникло только в XX в., идея особой роли человека в природе появилась гораздо раньше. Еще в 80-х гг. XIX в. немецкий философ, один из основоположников марксизма *Фридрих Энгельс* (1820–1895) писал в своём труде «Диалектика природы»: «*... Животное только пользуется внешней природой и производит в ней изменения просто в силу своего присутствия; человек же вносимыми им изменениями заставляет её служить своим целям, господствует над ней. И это является последним существенным отличием человека от остальных животных, и этим отличием человек опять-таки обязан труду*».

На самом деле животные постоянно вносят изменения в окружающую их природу. Причём иногда эти изменения происходят очень быстро, например опустошающие налёты саранчи. Однако они не идут ни в какое сравнение с теми, которые вызывает деятельность человека, и появились эти изменения задолго до нашей техногенной эры.

Начало антропогенного воздействия на биосферу. Австралопитеки и даже Человек умелый ещё практически не отличались от остальных представителей животного мира. Однако с появлением Человека прямоходящего и тем более неандертальца и кроманьонца ситуация стала меняться. Люди научились изготавливать копья с каменными наконечниками, строить ловушки для крупных животных (рис. 161, 162). Используя коллективные методы охоты, всевозможные ловчие ямы и западни, люди начали уничтожать намного больше животных, чем могли съесть: животных целыми стадами загоняли к обрывам и топям, подавляющая часть добычи пропадала или доставалась трупоедам. Подобные приёмы охоты приводили к хищническому истреблению животных.



Рис. 161. Орудия древних охотников

На рубеже палеолита (каменного века) и неолита (нового каменного века) произошло важнейшее событие, которое современные учёные называют ***неолитической революцией***. Люди догадались, что совершенно не обязательно сразу убивать всех пойманных животных и съедать всю растительную пищу, которую удалось добыть. Можно содержать животных в загонах, снабжая их пищей. Можно закопать часть семян в землю, и тогда через некоторое время из них появятся новые растения. Постепенно человечество осознало всю выгоду нового способа ведения хозяйства.

Неолитическая революция началась около 10 тыс. лет назад на Ближнем Востоке, а через 5–6 тысяч лет уже почти всё человечество освоило скотоводство и земледелие[1]. Началось активное воздействие человечества на биосферу, т. е. возникло то, что в экологии называют антропогенным фактором.

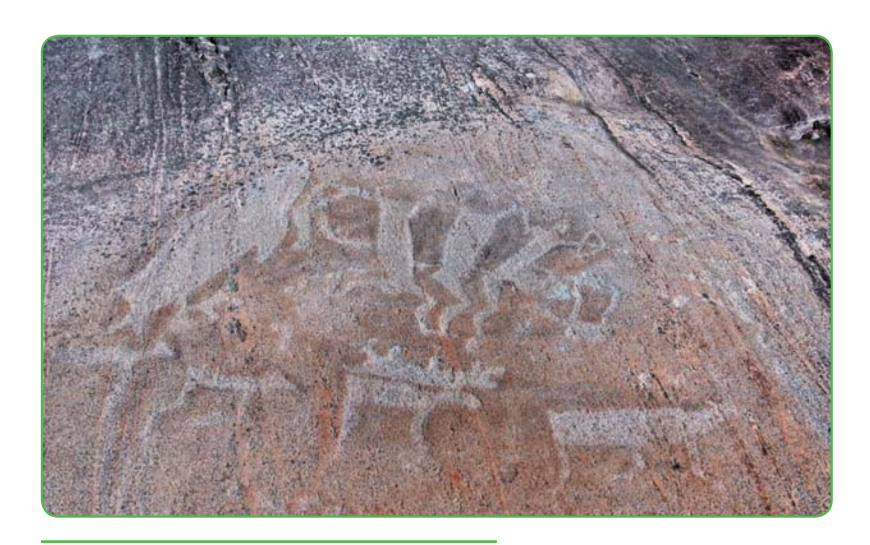


Рис. 162. Петроглифы. Сцены охоты

[1] Интересно, что пигмеи Центральной Африки до сих пор не пользуются плодами неолитической революции и добывают себе пропитание только путём охоты и собирательства.

Перейдя от охоты и собирательства к земледелию и животноводству, человечество обеспечило себя продовольствием. В результате отпала необходимость в кочевьях и постоянном переселении. Численность человечества начала расти, соответственно параллельно должна была увеличиваться численность домашних животных и площадь полей и пастбищ. Для расширения земель под посевы люди сжигали леса, причём из-за отсутствия правильного земледелия земля постоянно истощалась, лесов приходилось сжигать всё больше, а исчезновение лесов вело к обмелению и пересыханию рек. Одомашненных животных необходимо было кормить и оберегать, растения нуждались в поливе и прополке. Всё это требовало объединённого труда многих людей, поэтому стали появляться довольно крупные поселения с долговечными постройками, а часто и с оборонительными стенами. Избыток продовольствия позволил освободить некоторую часть общества от непосредственного участия в его производстве, в результате чего появились ремесленники. Началось освоение минеральных ресурсов, зарождалась металлургия. Человечество всё в большей степени использовало ресурсы биосферы для своих нужд. Однако до определённого времени все изменения и разрушения природных экосистем не оказывали серьёзного воздействия на биосферу в целом.

Влияние ноосферы на биосферу. За последние два столетия темпы развития общества резко ускорились. Значительно увеличилась численность населения планеты, выросло промышленное производство, всё больше земли используется под сельскохозяйственные угодья. В развитии биосферы наступил качественно новый этап, когда деятельность человека, преобразующая Землю, по своим масштабам стала соизмерима с геологическими процессами. Вернадский писал, что биогеохимическая роль человека в XX в. стала значительно превосходить роль других, самых активных в биогеохимическом отношении организмов. На Земле не осталось ни одного участка суши или моря, где нельзя было бы обнаружить следов деятельности человека. Антропогенное воздействие на биосферу в XX в. приняло глобальный характер, поставив под угрозу её стабильное существование.

В начале XX в. представление В. И. Вернадского о влиянии ноосферы на биосферу было достаточно оптимистичным. Он писал: *«Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются всё более и более широкие творческие возможности. И может быть, поколение моей внучки уже приблизится к их расцвету»*. К сожалению, к настоящему времени ожидания Вернадского не вполне оправдались. Перед человеком действительно открылись широкие творческие возможности, однако вместо улучшения состояния биосферы, как представлял автор идеи, произошло, наоборот, его резкое ухудшение.

На протяжении всей биологической истории Земли деятельность организмов определяла состав атмосферы (фотосинтез, дыхание), состав и структуру почв, содержание различных веществ в водной среде. Продукты метаболизма одних организмов, попадая в окружающую среду, использовались и перерабатывались другими организмами, благодаря редуцентам в круговорот веществ включались растительные и животные остатки.

Однако в настоящее время редуценты уже не в состоянии полностью переработать отходы человеческого общества. Положение осложняется тем, что че-

ловечество производит множество веществ, которые не разлагаются естественным путём (с помощью микроорганизмов), например некоторые пластмассы. Строятся города, под посевы монокультур распахиваются луга и степи, уничтожаются леса и болота, сокращается видовое разнообразие. Уменьшение биологического разнообразия естественной среды обитания приводит к нарушению равновесия в природе.

Для сохранения жизни на планете необходимо нам всем осознать, что ни один вид живых организмов не может существовать, пренебрегая законами природы. Нельзя потреблять больше, чем производят экосистемы. Нарушение законов природы неизбежно ведёт к гибели человеческой цивилизации.

Человек — лишь один из биологических видов на нашей планете, и он не должен забывать о том, что биосфера без человека существовала и может существовать, а человек вне биосферы существовать не может.

Запомнить: ноосфера; неолитическая революция.



ВЫВОДЫ

Ноосфера — это сфера разума, «разумная оболочка» Земли. С появлением на Земле человека закономерности развития биосферы стали меняться. Человек не только приспосабливается к окружающей его среде, но и коренным образом её преобразует.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Какое влияние на окружающую среду оказывал первобытный человек?
2. Что такое ноосфера?
3. Когда и где началась неолитическая революция?
4. Каковы результаты неолитической революции?
5. Какова биосферная роль человека?

Выполни задание

Подготовьте сообщение на тему «Понятие ноосферы в трудах В. И. Вернадского».

Обсуди с товарищами

Что именно в деятельности человека на Земле делает её соизмеримой с геологическими процессами?

Для любознательных

Это интересно

● Интересно, что на американском континенте, совершенно изолированном от Старого света, неолитическая революция происходила в то же самое время. Так, уже 5—7 тыс. лет назад кукуруза стала культурным растением, а за ней последовал картофель, томат и многие другие растения, впоследствии завезённые в Европу. Народы Америки одомашнили ламу и индейку, мускусную утку, два вида местных гусей, смеющуюся горлицу, морских свинок.

§ 48. БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОСТИ БИОСФЕРЫ



- Каковы основные факторы, влияющие на устойчивость экосистемы?
- Каковы основные причины вымирания видов?

Необходимость сохранения многообразия видов. Устойчивость любой экосистемы зависит от многообразия пищевых связей, существующих между разными видами этого сообщества. Причём чем больше видовое разнообразие, тем устойчивее структура. Представьте себе систему, в которой хищник и жертва — это только одиночные виды, допустим волк — заяц. Исчезновение зайцев неизбежно приведёт к гибели хищников, и экосистема, потеряв два своих компонента, начнёт разрушаться. Если же в данной экосистеме волк также сможет питаться копытными животными и грызунами, пресмыкающимися и лягушками, кладками яиц, птенцами и птицами, то пропажа одного источника пищи не приведёт к разрушению всей структуры, а освободившуюся экологическую нишу (в данном примере нишу зайцев) вскоре займут другие организмы со сходными требованиями к среде.

Сохранение многообразия видов важно не только для отдельной экосистемы, но и для устойчивого развития биосферы в целом. Чем богаче будет флора и фауна Земли, тем меньше вероятность нарушения общего равновесного состояния биосферы при изменении каких-либо условий. Внутривидовое многообразие придаёт виду пластичность, способность легко адаптироваться к меняющимся условиям среды. Точно так же разнообразие видов позволяет всей живой природе гибко приспосабливаться к внешним условиям, сохраняя свою целостность. Поддержание генетического разнообразия — материала для эволюции — способствует прогрессивному развитию биосферы.

При изменении климатических и других условий на древней Земле всегда находились виды, которые при этом получали преимущества; они эволюционировали, вырабатывая приспособления и постепенно занимая господствующее положение. Однако другие виды при этом исчезали.

Причины вымирания видов. За всю историю эволюции живой природы на нашей в планете обитало в общей сложности в 50–100 раз больше видов, чем представлено сейчас. Менялись условия жизни, и те группы организмов, которые ещё недавно были процветающими, оптимально приспособленными, постепенно регрессировали, их численность сокращалась, и они вымирали.

В середине палеозойской эры вымерли риниофиты — первые растения суши, давшие начало споровым растениям. Спустя более 100 млн лет та же участь постигла многие древовидные папоротники, хвощи и плауны, а позднее, в начале мезозойской эры, и семенные папоротники. Так, в настоящее время из былого многообразия хвощей на всей нашей планете осталось лишь 30 видов. Исчезло большинство древних земноводных и пресмыкающихся.

Одним из хорошо известных примеров вымирания видов служит исчезновение **гигантского оленя**, обитавшего в ледниковую эпоху по всей Евразии от Ирландии до Сибири и Китая, а на юге — до Северной Африки. Самцы этого оленя обладали огромными рогами массой до 25 кг и размахом при-

мерно до 3 м. Этот олень жил на открытых, поросших травой пространствах с редкими скоплениями деревьев. Около 11 тыс. лет назад после завершения последнего оледенения изменение климата уничтожило злаковые тундростепи. Оленю, как и мамонту и другим крупным обитателям тундростепей, стало нечего есть: мхи и лишайники были для них слишком малокалорийны, а злаки исчезли. Изменения климата и растительности оказались неблагоприятными для этого вида и стали причиной его вымирания.

Часто, особенно в последние 10 тыс. лет, причиной вымирания видов становилась деятельность человека. В начале XVII в. погибли последние особи **туров** — диких быков. Их исчезновение в Центральной Европе совпало с интенсивными вырубками лесов и активным истреблением этих животных во время охоты. К середине XVIII в. исчезли морские **стеллеровы коровы**, на которых люди охотились ради их мяса. За последние 300 лет на Земле вымерли: **африканская голубая антилопа** и **странствующий голубь**, **дронт** и **туранский тигр**, **бескрылая гагарка** и **дикая лошадь тарпан** (рис. 163). Список можно продолжить. По оценкам учёных, в настоящее время ежедневно в среднем вымирает один вид. Тысячи видов животных находятся на грани вымирания или сохранились только в заповедниках. Особенно уязвимы небольшие популяции с малыми ареалами.

Большой урон природным экосистемам приносит чрезмерный промысел рыбы (водных биоресурсов), зверя, пушнины. Улов рыбы в Мировом океане постоянно растёт. Только в России в 2014 г. вылов водных биоресурсов (рыба, моллюски, ракообразные и т. д.) с учётом пресноводных водоёмов составил около 4,05 млн т, что превышает годовые показатели вылова за последние 10 лет. Почти 150 видов млекопитающих являются объектами охоты на территории нашей страны. Однако не только отлов животных во время промысла является причиной снижения численности того или иного вида. Сокращение кормовой базы, освоение человеком природных территорий, загрязнение окружающей среды ведут к истощению запасов ценных биологических ресурсов вплоть до вымирания видов. Иногда снижение численности видов происходит из-за необдуманных действий человека.

Экологические нарушения. Внезапные изменения в естественных экосистемах, которые вызывают резкое увеличение численности популяции одних видов и гибель других, называют *экологическими нарушениями*. Как правило, подобные явления происходят по вине человека.

В процессе совместной эволюции в природе между конкурирующими видами постепенно устанавливается равновесие. Известно много случаев, когда попытки человека включить новый вид в уже существующую экосистему заканчивались трагедией для видов-аборигенов. Вид-пришелец не встречал конкурентов в лице местных видов, или в новых условиях не оказывалось достаточно врагов для поддержания его численности на определённом уровне, и в результате пришельцы вытесняли местные виды.

Показательным примером необдуманных действий, приведших к глобальным нарушениям естественных экосистем, служит привоз кроликов в Австралию. В 1859 г. из Англии на австралийский континент для спортивной охоты завезли кроликов. Природные условия для них оказались весьма благоприятными. В результате спустя несколько лет кроликов стало так много, что они уничтожили растительность местных пастбищ. Тогда для борьбы с кроликами в Австралию завезли лис. Однако эти хищники быстро переключились на более доступную добычу — местных сумчатых. В 1907 г. в попытке сдержать кроликов на территории западной Австралии был возведён непроницаемый

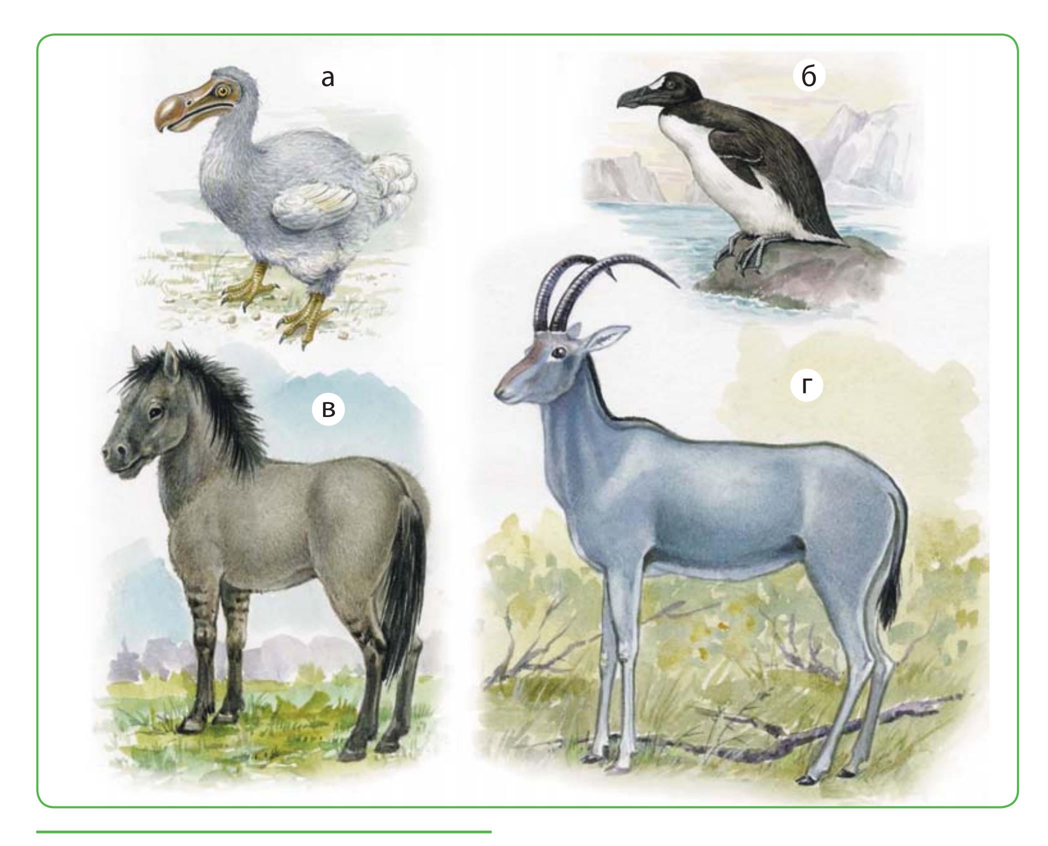


Рис. 163. Вымершие животные: *а* — дронт; *б* — бескрылая гагарка; *в* — дикая лошадь тарпан; *г* — африканская голубая антилопа

забор длиной 5 тыс. км. Но это не помогло. Кролики сделали подкопы и проникли на защищённую территорию. В 1950-х гг. среди популяции кроликов был распространён вирус миксомы, вызывающий миксоматоз, что привело к серьёзному сокращению их поголовья. Однако у оставшихся в живых кроликов выработалась сопротивляемость к заболеванию, благодаря чему к 1991 г. численность популяции восстановилась.



Запомнить: тур; гигантский олень; африканская голубая антилопа; странствующий голубь; дикая лошадь тарпан; бескрылая гагарка; дронт; туранский тигр; экологическое нарушение.

ВЫВОДЫ

Устойчивость любой экосистемы зависит от многообразия пищевых связей, существующих между разными видами этого сообщества. Причём чем больше видовое разнообразие, тем устойчивее структура. В последние 10 тыс. лет деятельность человека часто становилась причиной вымирания видов. Сокращение кормовой базы, освоение человеком природных территорий, чрезмерный промысел водных биоресурсов, зверя, пушнины, загрязнение окружающей среды ведут к истощению запасов биологических ресурсов вплоть до разрушения сообществ и вымирания видов.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. От чего зависит устойчивость любой экосистемы?
2. Каковы были причины вымирания гигантского оленя?
3. Какие вам известны примеры исчезновения видов по вине человека?

Выполни задание

Используя дополнительные источники информации, выясните, какие виды сейчас находятся на грани вымирания и что делается для их сохранения?

Обсуди с товарищами

Каково ваше отношение к охоте?

Круглый стол

1. «Многообразие видов — основа устойчивости экосистем и биосферы в целом».
2. «Причины вымирания видов».
3. «Экологические нарушения и их последствия».

§ 49. СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЖИЗНЬ КАЖДОГО ИЗ НАС. Последствия деятельности человека в экосистемах

- Какие глобальные экологические проблемы существуют в наши дни?
- Каковы причины современных экологических проблем?



Вплоть до XIX в. на нашей планете жило не очень много людей, плотность населения была невелика, да и промышленность только зарождалась. Ноосфера и тогда оказывала значительное влияние на биосферу, но это влияние не было критическим, и говорить об экологической катастрофе в глобальном масштабе не приходилось. Понятие «экологический кризис» впервые появилось в 1972 г. на страницах Первого доклада Римского клуба — авторитетной международной общественной организации, занимающейся изучением глобальных проблем современности. Именно в XX в. начались серьёзные изменения биосферы, связанные с антропогенным воздействием.

Загрязнение атмосферы. В настоящее время одной из самых острых экологических проблем является загрязнение атмосферы. На ранних этапах развития биосферы воздух загрязняли только извержения вулканов и лесные пожары, но с того момента, как человек развёл свой первый костёр, началось антропогенное воздействие на атмосферу. В начале XX в. биосфера ещё справлялась с поступающими в воздушную среду продуктами сгорания угля и жидкого топ-



Рис. 164. Один из источников загрязнения атмосферы — выбросы промышленных предприятий

лива. Однако в дальнейшем быстрое развитие промышленности и транспорта привело к резкому ухудшению состояния атмосферы.

В настоящее время в результате деятельности человека в атмосферу поступают углекислый и угарный газы, оксиды серы и азота, хлорфторуглероды, метан и другие углеводороды. Основные источники этих загрязнений — сжигание природного топлива, выжигание лесов, выбросы промышленных предприятий (рис. 164), выхлопные газы автомобилей.

Вещества, содержащиеся в выхлопных газах автомобилей, под действием солнечного света вступают в сложные химические реакции, образуя ядовитые соединения. Вместе с капельками воды они участвуют в формировании ядовитого тумана — **смога**, который оказывает вредное воздействие на организмы, а также на технические сооружения.

Рядом с медеплавильными заводами высока концентрация сернистого газа. При взаимодействии этого газа с водяными парами образуется сернистая кислота, которая выпадает на землю в виде **кислотных дождей**. Последствия кислотных дождей для растительного и животного мира очень опасны. Они вызывают разрушение хлорофилла, недоразвитие пыльцы, засыхание хвои. Особенно чувствительны к изменению кислотности мелкие водные животные и икра, поэтому максимальный вред кислотные дожди причиняют водным экосистемам. Кислотные дожди превращают озёра, реки и пруды в безжизненные водоёмы. Причём за счёт миграции воздушных потоков в атмосфере кислотные дожди могут выпадать и в районах, находящихся на значительном удалении от источников сернистого газа.

Загрязнение водоёмов. С полей и пастбищ в воду попадают органические вещества, минеральные удобрения, отходы животноводства, пестициды и гербициды (рис. 165). Азотные и фосфатные удобрения вызывают бурный рост водорослей — начинается «цветение» водоёмов. Быстрое размножение водорослей сменяется их быстрым отмиранием. В результате запасы кислорода в воде истощаются, что приводит к массовой гибели водных обитателей.

Из-за аварий танкеров и трубопроводов в океан ежегодно выливается огромное количество нефти — около 5 млн т. Нефть образует на поверхности воды плёнку, которая препятствует газообмену с атмосферой (рис. 166, 167). В результате происходит массовый замор рыбы.

Сбросы промышленных предприятий, поверхностные стоки со свалок зачастую загрязнены тяжёлыми металлами и синтетическими органическими веществами. Соли тяжёлых металлов (свинца, ртути, меди, цинка, хрома, кадмия и др.) вызывают у человека отравления с тяжелейшими последствиями. Особенно опасны неразлагающиеся ядовитые вещества, которые проходят через пищевые цепи и накапливаются в организме.

Перерасход природных вод. Разрушение водоёмов и водоносных систем — очень серьёзная проблема, существующая во многих странах мира. Пресная вода составляет менее 1% от всего мирового запаса воды, однако человечество

бесконтрольно растрачивает и загрязняет это бесценное богатство. Рост населения, улучшение бытовых условий, развитие промышленности и орошаемого земледелия привели к тому, что перерасход воды стал одной из глобальных экологических проблем современности. Уничтожение водоохранных лесных массивов и осушение верховых болот приводят к массовому уничтожению малых и значительному сокращению объёма стока крупных рек. Перерасход воды является одной из основных проблем современности.

Загрязнение и истощение почвы. Плодородные почвы занимают довольно небольшую часть поверхности Земли, тем не менее они являются одним из важнейших ресурсов человечества, обеспечивающим производство продуктов питания. Ежегодно вместе с урожаем из почвы изымается огромное количество минеральных соединений — основных компонентов питания растений. Если не вносить удобрения, в течение 50–100 лет может произойти полное **истощение почвы**. Разрушительное влияние на почву оказывает *эрозия*. Распахивание степей, уничтожение лесов, избыточный выпас скота делают почву незащищённой, и верхний слой смывается водой **(водная эрозия)** или уносится ветром **(ветровая эрозия)**. При поливном земледелии избыточное орошение в условиях жаркого климата приводит к **засолению почв**.

Парниковый эффект. Помимо локальных изменений среды, происходящих в непосредственной близости от источника загрязнения, существуют глобальные изменения, способные радикально переустроить всю биосферу Земли. Рост концентрации в атмосфере углекислого газа и метана создаёт так называемый **парниковый эффект**. Эти газы пропускают солнечный свет, но частично задерживают тепловое излучение, исходящее от земной поверхности и направленное в космическое пространство. Это приводит к повышению температуры на планете. В 2014 г. Межправительственная комиссия по изменению климата предупредила, что если количество углекислого газа и метана, выбрасываемых в атмосферу, не сократится, то нас ждут «необратимые последствия». Силь-



Рис. 165. Загрязнение водоёма

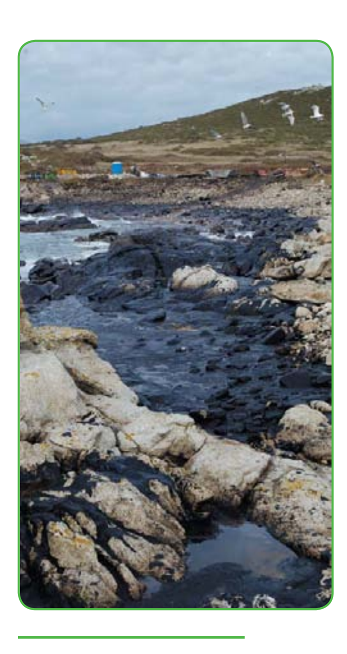


Рис. 166. Разлив нефти на побережье моря



Рис. 167. Птица, пострадавшая от разлива нефти



Рис. 168. Вырубка леса

ные засухи, изменение периодов миграции и размножения у животных, появление новых болезней, стремительное таяние льдов, повышение уровня Мирового океана — всё это возможные последствия потепления климата.

Уничтожение экосистем. За последние 100 лет площадь лесов на нашей планете сократилась в несколько раз. Человечеству нужны новые поля и пастбища, нужна древесина. Особенно быстрыми темпами исчезают тропические леса. По оценкам учёных, в настоящее время ежегодно вырубается около 12 млн га леса, что по площади равно территории Англии, и ещё почти столько же гибнет из-за нерационального ведения хозяйства (рис. 168).

На месте вырубленного леса поселяются светолюбивые растения, устойчивые к недостатку влаги и повышенной температуре, меняется животный мир. Усиливается поверхностный сток воды, что повышает вероятность наводнений и эрозии почвы.

Но исчезают не только леса. Степи Евразии и прерии США, экосистемы тундры и коралловых рифов — это сообщества, существование которых сегодня находится под угрозой, и их число растёт с каждым годом.

Экологические катастрофы. На нашей планете периодически происходят так называемые *экологические катастрофы*, которые наносят серьёзный и часто непоправимый ущерб биосфере. Катастрофы могут быть **природными** (землетрясения, ураганы, сильные извержения вулканов) и **техногенными**, связанными с человеческим фактором (пренебрежение мерами безопасности, халатность персонала, стремление к экономии средств и др.).

Крупнейшей техногенной катастрофой стала авария на Чернобыльской АЭС (1986). Загрязнению подверглось более 200 тыс. км^2. Радиоактивные вещества рассеивались в виде аэрозолей, которые постепенно осаждались на поверхность Земли. Загрязнение распространилось очень неравномерно, в зависимости от направления ветра в первые дни после аварии. Наиболее сильно пострадали области, находящиеся в непосредственной близости от Чернобыльской АЭС: северные районы Киевской и Житомирской областей Украины, Гомельская область Беларуси и Брянская область России. Радиация задела даже достаточно удалённые от места аварии регионы, например Ленинградскую область, Мордовию и Чувашию — там выпали радиоактивные осадки.

18 тыс. человек погибли и пострадали в результате взрыва на химическом заводе в индийском городе Бхопал в 1984 г. Взрыв нефтяной платформы в Мексиканском заливе (2010) повлёк за собой крупнейший в истории США разлив нефти, что превратило эту аварию в одну из серьёзнейших техногенных катастроф.

Взаимосвязь всех экологических проблем. Все воздействия на биосферу взаимосвязаны между собой. Любое вмешательство человека вызывает цепь разнообразных последствий. Например, выбросы сернистого газа могут стать причиной кислотных дождей. Такие дожди повреждают леса, вызывая их ги-

бель. Уничтожение лесов может привести к перераспределению водного стока, в результате чего возможно обмеление рек. Если лесные насаждения на границе пустыни сдерживали её распространение, то после гибели лесов пустыня может распространиться на территорию ранее плодородных земель.

Подобные «цепные реакции» очень разнообразны и не всегда предсказуемы, поэтому ни одну из экологических проблем планеты нельзя рассматривать отдельно от других. Необходимы комплексные меры, способные привести к улучшению экологической ситуации на всей Земле.



Запомнить: смог; кислотные дожди; загрязнение водоёмов; перерасход воды; истощение почвы; эрозия: водная, ветровая; засоление почв; парниковый эффект; уничтожение экосистем; экологические катастрофы: природные, техногенные.

ВЫВОДЫ

В XX в. начались серьёзные изменения биосферы, связанные с антропогенным воздействием. Одни из самых острых экологических проблем в настоящее время — загрязнение атмосферы, разрушение водоёмов и водоносных систем, эрозия и загрязнение почв. Серьёзный и часто непоправимый ущерб биосфере наносят экологические катастрофы.

Думай, делай выводы, действуй

Проверь свои знания

1. Почему именно в XX в. начались серьёзные изменения биосферы, связанные с антропогенным воздействием?
2. Каковы последствия кислотных дождей для растительного и животного мира нашей планеты?
3. Каковы причины «цветения» водоёмов?
4. Почему при поливном земледелии в условиях жаркого климата может произойти засоление почв?
5. К каким последствиям может привести уничтожение лесов?

Выполни задание

Выясните, какие экологические проблемы характерны для вашего края. Каковы их причины?

Обсуди с товарищами

Какой вклад может внести каждый конкретный человек в решение проблемы перерасхода пресной воды?

Круглый стол

1. «Глобальные экологические проблемы».
2. «Экологические катастрофы».
3. «Воздействие человека на экосистемы».

§ 50. ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ



- Что такое охрана окружающей среды?
- Какие существуют формы охраны природы?

Незнание или игнорирование законов биологии приводит к тяжёлым последствиям как для всей природы в целом, так и для каждого человека. Настало время, когда от нашего с вами поведения — и на работе, и в часы отдыха — зависит сохранность окружающего нас мира. Хорошо отрегулировать двигатель автомобиля, чтобы максимально уменьшить выброс токсичных веществ, предотвратить сброс ядовитых отходов в водоём, предусмотреть в проекте гидроэлектростанции обводные каналы для рыбы (и построить их!), удержаться от желания собрать букет полевых цветов — всё это позволит сохранить окружающую среду (среду нашей жизни) для будущих поколений.

Способность живой природы к восстановлению создала иллюзию её неуязвимости к разрушительным действиям человека, безграничности её ресурсов. Изучая биологию, вы понимаете, что это не так. Вся хозяйственная деятельность человека в настоящее время должна строиться с учётом принципов организации живой природы.

Охрана окружающей среды. Биосфера — это совокупность всех экосистем, взаимодействующих между собой. Для неё не существует рациональное природопользование — это общее дело всего человечества. ***Охрана окружающей среды*** *— это поддержание устойчивого состояния биосферы, при котором её абиотические параметры не ухудшаются, а виды не сокращаются в своей численности и тем более не вымирают.*

По мере роста населения и масштабов производства экологические последствия хозяйственной деятельности людей становились всё более ощутимыми, а площади нетронутых природных территорий неуклонно сокращались. В середине XX в. человечество впервые ощутило угрозу глобального загрязнения окружающей среды. Именно тогда и начало развиваться природоохранное движение. Необходимо было срочно отказаться от потребительского отношения к природе и принять меры по охране окружающей среды. В 1948 г. создаётся Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП), который издаёт Красную книгу редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных. Начиная с 1971 г. ЮНЕСКО осуществляет международную программу «Человек и биосфера». Примером международного сотрудничества в области охраны природы является соглашение, принятое большинством стран, о запрете на использование хлорфторуглеводов — веществ, разрушающих озоновый слой.

Для обеспечения выживания видов, численность которых находится под угрозой исчезновения, важнейшее значение имеет **сохранение природных экосистем.** Формы охраны природы могут быть весьма разнообразными: заповедники, заказники, памятники природы, национальные парки и др. (рис. 169).

Заповедники создаются для того, чтобы сохранить природные объекты в естественном состоянии: типичные или редкие экосистемы, сообщества растений и животных, редкие виды (рис. 170). На территориях заповедников полностью запрещена любая хозяйственная деятельность. В отличие от запо-

ведников на территорию ***национальных парков*** доступ туристов разрешён, в ограниченных масштабах здесь допускается хозяйственная деятельность. ***Заказники*** создаются для сохранения и ограниченного использования природных ресурсов. В *ботанических заказниках* нельзя пасти скот и рубить деревья, в *охотничьих заказниках* отстрел животных разрешён только в определённые сроки и только по лицензии в количествах, неспособных нанести вред популяции. ***Памятники природы*** — это природные объекты, имеющие научное, историческое, культурное и эстетическое значение, к ним относятся объекты как живой, так и неживой природы.

Развитие промышленности и энергетики. Предотвратить загрязнения легче, чем их ликвидировать, поэтому современная промышленность должна развиваться с учётом экологических требований. Ограничение выбросов вредных веществ в атмосферу, воду и почву является первоочередной задачей. Это предполагает необходимость использования разнообразных систем фильтрации, не допускающих превышения **предельно допустимых концентраций (ПДК)** на выходе. ПДК — это максимальное количество вредного вещества в единице объёма



а



б

Рис. 169. Заповедники: *а* — Лапландский; *б* — Приокско-Террасный



а



б

Рис. 170. Животные, занесённые в Красную книгу: *а* — чёрный аист; *б* — снежный барс

или массы, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не вызывает каких-либо болезненных изменений в организме человека.

Помогают уменьшить загрязнения специальные очистные сооружения. Бытовые и промышленные сточные воды подвергают многоступенчатой процедуре очистки, включающей механическую, физико-химическую и биологическую обработку. Усовершенствование автомобильных двигателей и установка специальных фильтров снижают выброс в воздух угарного газа и углеводородов. Разрабатываются и внедряются современные технологии безотходного производства.

Мы живём в «обществе одноразового потребления». Характерной чертой такого общества является расточительность и нерациональная эксплуатация природных ресурсов. Для того чтобы у человеческой цивилизации было будущее, необходимо построить общество, разумно и бережно использующее природные ресурсы.

Природные ресурсы — разнообразные компоненты окружающей человека среды, используемые для удовлетворения всевозможных материальных и культурных потребностей общества (рис. 171). Современное человечество образует огромное количество отходов, многие из которых содержат ценные вещества. Переработка отходов и повторное их использование позволяют значительно экономить энергию и природные ресурсы, например использование металлолома вместо железной руды или макулатуры для производства бумаги. Гринпис России[1] активно выступает за внедрение во всех городах и посёлках раздельного сбора и переработки мусора.

В настоящее время человечество полностью зависит от электрической энергии. В то же время производство электроэнергии оказывает серьёзное негативное воздействие на окружающую среду:

1) в результате сжигания топлива на тепловых электростанциях (ТЭЦ) в атмосферу выбрасывается сажа, а также поступает большое количество углекислого газа, что приводит к парниковому эффекту;

2) при строительстве гидроэлектростанций (ГЭС) под водохранилища используются плодородные пойменные земли, а плотины на реках становятся препятствием для миграции рыб, например лососёвых во время нереста;

[1] *Гринпис* (от англ. *green peace* — зелёный мир) — международная независимая неправительственная экологическая организация.

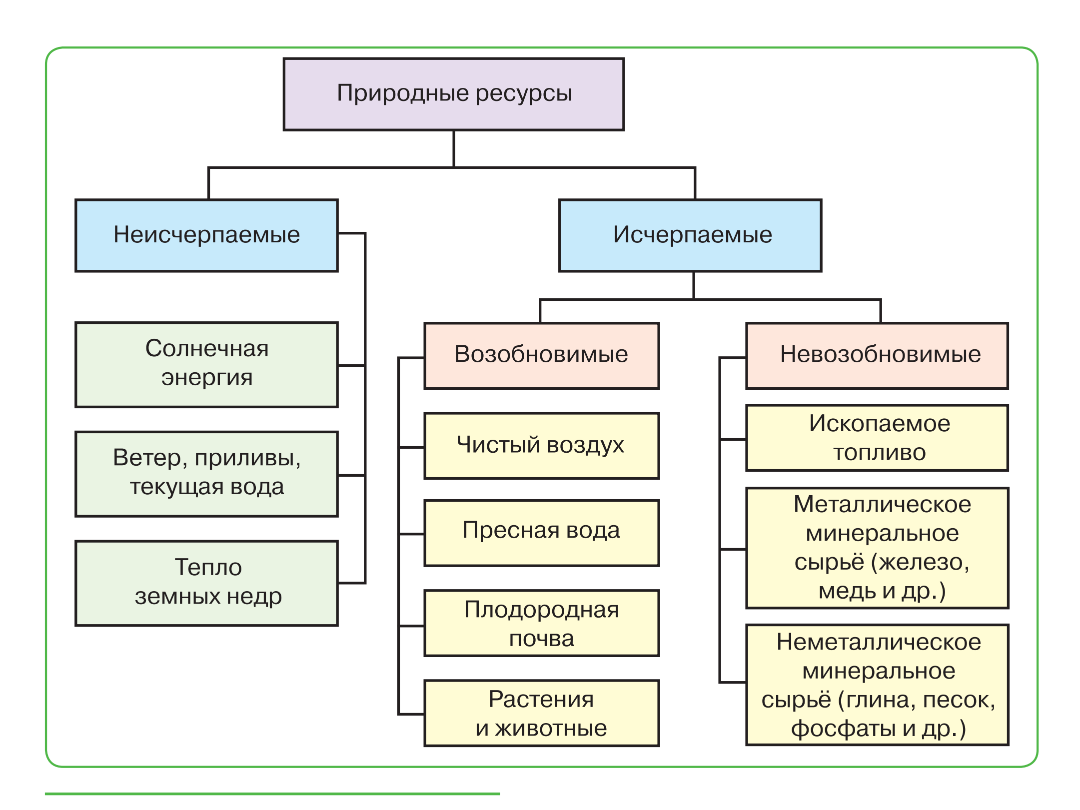


Рис. 171. Природные ресурсы

3) отработанное топливо атомных электростанций (АЭС) сохраняет радиоактивность, и проблема его захоронения стоит очень остро.

Один из путей выхода из создавшейся ситуации — переход к альтернативным источникам энергии: электромагнитной энергии Солнца, кинетической энергии ветра, энергии волн морей и океанов, энергии горячих источников планеты и др.

Разработка методов безотходного производства, возможности применения источников возобновляемой энергии, например солнечных батарей, при резком снижении использования невозобновляемых ресурсов (нефти, природного газа, лесов, воды и др.) — вот каковы первоочередные задачи современных экологических и близких к ним исследований.

Развитие сельского хозяйства. Неправильный подход к ведению сельского хозяйства приводит к уничтожению лесов, сокращению пригодных плодородных земель (например, из-за засоления или заболачивания почв). В современном сельском хозяйстве следует применять наиболее эффективные и безопасные для почвы методики орошения и осушения территорий, а также использовать лесные насаждения для борьбы с эрозией почвы. Накормить человечество, не увеличивая площадь земель, занятых под сельскохозяйственные угодья, — непростая задача. Для её решения селекционеры выводят новые сорта растений, более продуктивные и устойчивые к заболеваниям. Специалисты-агротехники правильно организуют севооборот, вводят смешанное культивирование, при котором на полях одновременно произрастают несколько видов растений, применяют биологические методы борьбы с вредителями, что позволяет значительно снизить использование ядохимикатов.

Решить современные экологические проблемы можно, у человечества есть для этого необходимые знания. Однако следует отчётливо понимать, что успех в решении данных проблем зависит от всех и каждого — от правительства каждой страны и от каждого гражданина этой страны. Наряду с развитием науки и техники важнейшей задачей человеческой цивилизации является формирование новой социальной и экологической нравственности. Современный житель Земли должен понимать, что его жизнь и жизнь его потомков зависит от него самого. Каждый из нас, формируя в себе и окружающих грамотное экологическое сознание, способен изменить ситуацию. Бережное отношение к природе позволит сохранить окружающую среду и всю биосферу в целом.



Запомнить: охрана окружающей среды; сохранение природных экосистем; заповедники, заказники, памятники природы, национальные парки; предельно допустимые концентрации (ПДК); природные ресурсы.

ВЫВОДЫ

Охрана окружающей среды — это поддержание устойчивого состояния биосферы, при котором её абиотические параметры не ухудшаются, а виды не сокращаются и не вымирают. Для того чтобы у человеческой цивилизации было будущее, необходимо построить общество, разумно и бережно использующее природные ресурсы.

Думай, делай выводы, действуй

Круглый стол

1. «Государственная политика и экологические движения, направленные на охрану окружающей среды. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды».
2. «Основные направления решения экологических проблем в промышленности, энергетике и сельском хозяйстве».
3. «Экологические проблемы и пути их решения в родном крае».

Презентации

1. «Редкие и исчезающие виды растений и животных нашего края».
2. «Развитие сельского хозяйства нашего края».
3. «Сохранение природных экосистем родного края».

Для любознательных

Это интересно

- Для борьбы с водной эрозией почвы — предотвращения уничтожения верхнего плодородного слоя — землю на склонах распахивают перпендикулярно к направлению склонового стока. В результате вода, стекающая вниз, задерживается бороздами.
- Из 1 млн старых мобильных телефонов можно получить 16 т меди, 350 кг серебра, 34 кг золота и 15 кг палладия.
- В настоящее время 80% добываемых природных ресурсов потребляется всего 20% населения планеты. Каждый четвёртый житель Земли ведёт такой же образ жизни, как и его предки тысячу лет назад.

Основное содержание раздела

Экология — это наука, которая изучает взаимоотношения организмов между собой и с окружающими их факторами неживой природы. Любой компонент среды, способный оказывать влияние на организмы, называют экологическим фактором. Различают три группы экологических факторов: абиотические, биотические и антропогенные. На организм одновременно влияют разные факторы среды, и у каждого вида существуют свои оптимумы, стрессовые зоны и пределы выносливости по отношению к их воздействию. Совокупность всех факторов, которые требуются для существования вида, определяет его экологическую нишу. Процесс приспособления организмов к условиям окружающей их среды называют адаптацией.

Экосистема — это биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов, среды их обитания и системы связей, осуществляющих обмен веществами и энергией между ними. В каждой экосистеме присутствуют четыре обязательных компонента: абиотический компонент (экотоп), продуценты, консументы, редуценты. Каждая экосистема обладает видовой, пространственной и трофической структурой.

Трофическая структура экосистемы описывает пищевые отношения между популяциями и перемещение энергии. Каждый организм, занимающий определённый трофический уровень, образует пищевое звено. В результате соединения нескольких трофических звеньев образуется пищевая цепь. Правило, согласно которому количество энергии снижается при переходе на следующий трофический уровень, называют правилом экологической пирамиды.

Искусственные экосистемы, созданные человеком, обладают всеми свойствами экосистемы, но при этом имеют немало отличий от природных биогеоценозов.

Биосфера — это особая оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяются совокупной деятельностью живых организмов. Учение о биосфере было создано В. И. Вернадским. В структуре биосферы Вернадский выделял семь видов вещества, четыре из которых являются основными: живое, биогенное, косное, биокосное. Живое вещество биосферы — мощный геологический фактор нашей планеты. С его помощью происходит постоянный круговорот вещества и энергии.

Биосфера — это не только область распространения жизни, но и результат её деятельности. Начиная с момента зарождения жизнь постоянно развивается и усложняется, оказывая воздействие на окружающую среду и изменяя её.

В XX в. начались серьёзные изменения биосферы, связанные с антропогенным воздействием. Человек не только приспосабливается к окружающей его среде, но и коренным образом её преобразует. Серьёзный и часто непоправимый ущерб биосфере наносят экологические катастрофы. Для обеспечения выживания видов, численность которых находится под угрозой, важнейшее значение имеет сохранение природных экосистем в виде заповедников, заказников, памятников природы, национальных парков. Охрана среды и рациональное природопользование — это общее дело всего человечества.



Содержание

Раздел 4. ЭКОСИСТЕМЫ

Учебное издание

Сивоглазов Владислав Иванович
Каменский Андрей Александрович
Касперская Екатерина Карловна
Габриелян Олег Сергеевич

БИОЛОГИЯ

9 класс

Учебник
для общеобразовательных организаций

Редакция биологии и естествознания
Заведующий редакцией *З. Г. Гапонюк*
Ответственный за выпуск *А. В. Евсеев*
Редактор *М. В. Токарева*
Художники *В. С. Давыдов, П. А. Жиличкин, Н. А. Верескова*
Художественный редактор *А. В. Щербаков*
Технические редакторы *С. Н. Терехова, С. В. Китаева*
Компьютерная вёрстка *Ю. В. Некрасовой*
Корректор *С. П. Кириллова*
Иллюстративный материал: © Picvario, DIOMEDA, Лори

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—953000. Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Подписано в печать 03.08.2021. Формат $84 \times 108\,^1/_{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Печать цифровая. Уч.-изд. л. 16,39. Тираж экз. Заказ № .

Акционерное общество «Издательство «Просвещение».
Российская Федерация, 127473, г. Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16,
стр. 3, этаж 4, помещение I.
Адрес электронной почты «Горячей линии» — **vopros@prosv.ru**.